

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Soutenue publiquement le 20/02/2026
Par Madame Salomé LEROY**

**Dérèglements environnementaux et tensions d'approvisionnement en
médicaments : comment les pharmacies d'officine peuvent anticiper et
s'adapter ?**

Membres du jury :

Président : Madame Hélène LEHMANN, Maître de Conférences HDR, UFR3S-Pharmacie, Université de Lille

Directeur, conseiller de thèse : Monsieur Simon BORDAGE, Maître de Conférences, UFR3S-Pharmacie, Université de Lille

Assesseur(s) : Madame Jeanne LEMESRE, Docteur en pharmacie

Université de Lille

Président
Premier Vice-président
Vice-présidente Formation
Vice-président Recherche
Vice-président Ressources Humaine
Directrice Générale des Services

Régis BORDET
Bertrand DÉCAUDIN
Corinne ROBACZEWSKI
Olivier COLOT
Jean-Philippe TRICOIT
Anne-Valérie CHIRIS-FABRE

UFR3S

Doyen
Premier Vice-Doyen, Vice-Doyen RH, SI et Qualité
Vice-Doyenne Recherche
Vice-Doyen Finances et Patrimoine
Vice-Doyen International
Vice-Doyen Coordination pluriprofessionnelle et Formations sanitaires
Vice-Doyenne Formation tout au long de la vie
Vice-Doyen Territoire-Partenariats
Vice-Doyen Santé numérique et Communication
Vice-Doyenne Vie de Campus
Vice-Doyen étudiant

Dominique LACROIX
Hervé HUBERT
Karine FAURE
Emmanuelle LIPKA
Vincent DERAMECOURT
Sébastien D'HARANCY
Caroline LANIER
Thomas MORGENROTH
Vincent SOBANSKI
Anne-Laure BARBOTIN
Victor HELENA

Faculté de Pharmacie

Vice - Doyen
Premier Assesseur et
Assesseur à la Santé et à l'Accompagnement
Assesseur à la Vie de la Faculté et
Assesseur aux Ressources et Personnels
Responsable de l'Administration et du Pilotage
Représentant étudiant
Chargé de mission 1er cycle
Chargée de mission 2eme cycle
Chargé de mission Accompagnement et Formation à la Recherche
Chargé de mission Relations Internationales
Chargée de Mission Qualité
Chargé de mission dossier HCERES

Pascal ODOU
Anne GARAT
Emmanuelle LIPKA
Cyrille PORTA
Honoré GUISE
Philippe GERVOIS
Héloïse HENRY
Nicolas WILLAND
Christophe FURMAN
Marie-Françoise ODOU
Réjane LESTRELIN

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers (PU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie et Santé publique	81
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie	82
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
M.	DINE	Thierry	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie	82

Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie - Virologie	82
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	ODOU	Pascal	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	POULAIN	Stéphanie	Hématologie	82
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	STAELS	Bart	Biologie cellulaire	82

Professeurs des Universités (PU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	ALIOUAT	Cécile-Marie	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Biophysique - RMN	85
M.	BERLARBI	Karim	Physiologie	86
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie	87
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie	87
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	CUNY	Damien	Sciences végétales et fongiques	87
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Biophysique - RMN	85
Mme	DEPREZ	Rebecca	Chimie thérapeutique	86
M.	DEPREZ	Benoît	Chimie bio inorganique	85
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire	87
M.	ELATI	Mohamed	Biomathématiques	27
M.	FOLIGNÉ	Benoît	Bactériologie - Virologie	87
Mme	FOULON	Catherine	Chimie analytique	85
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie et Santé publique	86
M.	GOOSSENS	Jean-François	Chimie analytique	85
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie	86
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique	86

M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques	26
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie cellulaire	87
Mme	LESTRELIN	Réjane	Biologie cellulaire	87
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie analytique	85
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie physique	85
M.	MILLET	Régis	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	MOREAU	Pierre-Arthur	Sciences végétales et fongiques	87
Mme	MUHR-TAILLEUX	Anne	Biochimie	87
Mme	PERROY	Anne-Catherine	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	RIVIÈRE	Céline	Pharmacognosie	86
Mme	ROMOND	Marie-Bénédicte	Bactériologie - Virologie	87
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie	86
M.	SERGHÉRAERT	Éric	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	WILLAND	Nicolas	Chimie organique	86

Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers (MCU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	CUVELIER	Élodie	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DANEL	Cécile	Chimie analytique	85
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie	82
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie et Santé publique	81
Mme	GENAY	Stéphanie	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
Mme	GILLIOT	Sixtine	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
M.	GRZYCH	Guillaume	Biochimie	82
Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
M.	LANNOY	Damien	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81

Mme	ODOU	Marie-Françoise	Bactériologie - Virologie	82
-----	------	-----------------	---------------------------	----

Maîtres de Conférences des Universités (MCU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	ANTHÉRIEU	Sébastien	Toxicologie et Santé publique	86
M.	BANTUBUNGI-BLUM	Kadiombo	Biologie cellulaire	87
M.	BERTHET	Jérôme	Biophysique - RMN	85
M	BEDART	Corentin	ICPAL	86
M.	BOCHU	Christophe	Biophysique - RMN	85
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie	86
M.	BOSC	Damien	Chimie thérapeutique	86
Mme	BOU KARROUM	Nour	Chimie bioinorganique	
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie	87
Mme	CARON-HOUDE	Sandrine	Biologie cellulaire	87
Mme	CARRIÉ	Hélène	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	CHARTON	Julie	Chimie organique	86
M.	CHEVALIER	Dany	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques	85
M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques	27
M.	EL BAKALI	Jamal	Chimie thérapeutique	86
M.	FARCE	Amaury	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	FLIPO	Marion	Chimie organique	86
M.	FRULEUX	Alexandre	Sciences végétales et fongiques	
M.	FURMAN	Christophe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie	87

Mme	GOOSSENS	Laurence	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie et Santé publique	86
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques	26
Mme	HAMOUDI-BEN YELLES	Chérifa-Mounira	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	HANNOThIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie	86
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie	87
M.	KAMBIA KPAKPAGA	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	KARROUT	Younes	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie	87
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie analytique	85
Mme	LEHMANN	Hélène	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	LELEU	Natascha	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	LIBERELLE	Maxime	Biophysique - RMN	
Mme	LOINGEVILLE	Florence	Biomathématiques	26
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie	86
M.	MARTIN MENA	Anthony	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
M.	MENETREY	Quentin	Bactériologie - Virologie	87
M.	MORGENROTH	Thomas	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques	85
M.	PIVA	Frank	Biochimie	85
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie et Santé publique	86
M.	POURCET	Benoît	Biochimie	87
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques / Innovations pédagogiques	85
Mme	RAVEZ	Séverine	Chimie thérapeutique	86
Mme	ROGEL	Anne	Immunologie	

M.	ROSA	Mickaël	Hématologie	87
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie	86
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie	87
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie - Virologie	87
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie - Biologie animale	87
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie	87
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Chimie organique	86
M.	WELTI	Stéphane	Sciences végétales et fongiques	87
M.	YOUS	Saïd	Chimie thérapeutique	86
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques	85

Professeurs certifiés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	HUGES	Dominique	Anglais
Mme	KUBIK	Laurence	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

Professeurs Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	BAILLY	Christian	ICPAL	86
M.	DAO PHAN	Haï Pascal	Chimie thérapeutique	86
M.	DHANANI	Alban	Droit et Economie pharmaceutique	86

Maîtres de Conférences Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M	AYED	Elya	Pharmacie officinale	
M.	COUSEIN	Etienne	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	

Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques	85
Mme	DANICOURT	Frédérique	Pharmacie officinale	
Mme	DUPIRE	Fanny	Pharmacie officinale	
M.	DUFOSSEZ	François	Biomathématiques	85
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	85
Mme	GEILER	Isabelle	Pharmacie officinale	
M.	GILLOT	François	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	MITOUMBA	Fabrice	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	86
M.	PELLETIER	Franck	Droit et Economie pharmaceutique	86
M	POTHIER	Jean-Claude	Pharmacie officinale	
Mme	ROGNON	Carole	Pharmacie officinale	

Assistants Hospitalo-Universitaire (AHU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	BOUDRY	Augustin	Biomathématiques	
Mme	DERAMOUDT	Laure	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	
M.	GISH	Alexandr	Toxicologie et Santé publique	
Mme	NEGRIER	Laura	Chimie analytique	

Hospitalo-Universitaire (PHU)

	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	DESVAGES	Maximilien	Hématologie	
Mme	LENSKI	Marie	Toxicologie et Santé publique	

Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche (ATER)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	BERNARD	Lucie	Physiologie	

Mme	BARBIER	Emeline	Toxicologie	
Mme	COMPAGNE	Nina	Chimie Organique	
Mme	COULON	Audrey	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	
M.	DUFOSSEZ	Robin	Chimie physique	
Mme	FERRY	Lise	Biochimie	
M	HASYEOUI	Mohamed	Chimie Organique	
Mme	HENRY	Doriane	Biochimie	
Mme	KOUAGOU	Yolène	Sciences végétales et fongiques	
M	LAURENT	Arthur	Chimie-Physique	
M.	MACKIN MOHAMOUR	Synthia	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
Mme	RAAB	Sadia	Physiologie	

Enseignant contractuel

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	DELOBEAU	Iris	Pharmacie officinale
M	RIVART	Simon	Pharmacie officinale
Mme	SERGEANT	Sophie	Pharmacie officinale
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques

LRU / MAST

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	FRAPPE	Jade	Pharmacie officinale
M	LATRON-FREMEAU	Pierre-Manuel	Pharmacie officinale
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique

CYCLE DE VIE DU DOCUMENT

Version	Modifié par	Date	Principales modifications
1.0		20/02/2020	Création
2.0		02/01/2022	Mise à jour
2.1		21/06/2022	Mise à jour
2.2		01/02/2024	Mise à jour
2.3		15/11/2024	Mise à jour
2.4		18/02/2025	Mise à jour

UFR3S-Pharmacie

L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.

REMERCIEMENTS

À mon maître de thèse **Monsieur Bordage**,
merci d'avoir accepté de diriger ce travail et de m'avoir accompagnée avec bienveillance. Vous m'avez fait confiance concernant le choix du sujet. Grâce à vous, j'ai pu travailler sur un thème qui me tenait à cœur. Vos conseils avisés et votre regard critique ont grandement contribué à enrichir cette thèse. Votre encadrement m'a permis de progresser tout au long de ce travail, et je vous en suis sincèrement reconnaissante.

À ma présidente de jury **Madame Lehmann**,
Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté de présider cette thèse, ainsi que pour l'attention et la bienveillance que vous accordez à vos étudiants.

À **Jeanne Lemesre**
Je te remercie d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse. Merci également pour ton accompagnement tout au long de ces derniers mois où nous avons travaillé ensemble, pour m'avoir permis de découvrir ce métier plus en profondeur, pour ton écoute et tes conseils.

À **Clément**,
merci pour ton soutien sans faille depuis le début de mes études, et bien au-delà. Tu as su m'aider, me rassurer et m'encourager à chaque étape de ce parcours. Tu m'as appris à prendre du recul, à concilier travail et vie personnelle, en faisant en sorte que je ne perde jamais de vue l'essentiel. C'est toi qui m'as fait découvrir ce sujet et ces problématiques, qui as éveillé ma curiosité et nourri mon intérêt tout au long de cette thèse. Tes conseils, tes relectures et tes connaissances ont été d'une aide précieuse à chaque étape. Merci d'avoir été là, chaque jour, avec patience et bienveillance.

À **ma mère**,
merci pour ta présence constante et ton soutien inconditionnel au fil de ces six années d'études parfois éprouvantes. Tu as toujours su trouver les mots pour m'apaiser et m'aider à garder le cap dans les moments de doute. Rien n'aurait été possible sans ton écoute, ta patience et ton amour.

À **mon père**,
merci d'avoir été là quand j'en avais le plus besoin. Tes mots m'ont souvent aidée à reprendre confiance et à continuer d'avancer. Ta présence a été pour moi un soutien important dans les moments clés de mon parcours.

À **Jenni**,
merci pour ton soutien indéfectible et ta bienveillance. Tu as toujours su m'apporter réconfort, conseils et encouragements, avec une générosité et une écoute dont je te suis profondément reconnaissante.

À **mes frères et (belle)-sœurs**,
merci pour les moments de rire, de légèreté et de partage qui ont ponctué ces années d'études. Vous avez su me changer les idées quand il le fallait et rendre cette période plus douce.

À ma belle-famille,

merci pour votre présence et votre bienveillance depuis maintenant six ans. Votre soutien et vos encouragements m'ont accompagnée tout au long de ce parcours. Ça a énormément compté pour moi.

À mes amis de la faculté,

merci pour ces années passées à la fac, pour les moments partagés et l'ambiance légère qui a rendu ce parcours bien plus agréable. Mention spéciale à mon binôme de TP, pour ces très longues heures passées à travailler ensemble. On s'en est plutôt bien sortis au final !

Merci aussi à toutes celles et ceux que je ne vais pas nommer un par un, mais qui se reconnaîtront pour leur soutien ou leur présence à différents moments de ce parcours.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	14
LISTE DES FIGURES	20
LISTE DES ABREVIATIONS	21
INTRODUCTION	23
PARTIE I : Tensions d’approvisionnement et crise écologique, enjeux pour la pharmacie d’officine	25
CHAPITRE I : Généralités autour des pénuries de médicaments.....	26
1. Des tensions aux pénuries : catégorisation des ruptures de médicaments ...	26
2. Causes des ruptures de médicaments.....	27
a. Une demande en forte croissance, difficilement anticipable.....	27
b. Une production mondialisée, concentrée et fragile	28
c. Des contraintes réglementaires freinant l’adaptabilité	28
d. Des arbitrages économiques défavorables aux médicaments essentiels	28
e. Le changement climatique comme facteur aggravant des pénuries	29
3. Chiffres clés	30
4. Impact des pénuries.....	31
a. Une pression croissante sur les officinaux	31
b. Conséquences médicales : retards, substitutions et erreurs.....	32
c. Un coût psychologique et économique	32
d. Une problématique systémique et persistante.....	33
CHAPITRE II : Contexte écologique	34
1. L’Anthropocène	34
a. Une nouvelle ère géologique dominée par l’Homme	34
b. Une accélération sans précédent des transformations humaines	35
c. Les frontières planétaires : un seuil critique déjà dépassé	36
d. Un impact inégalement réparti	38
2. Zoom sur le dérèglement climatique	40
a. L’effet de serre naturel et son renforcement par l’activité humaine	40
b. Les principaux gaz à effet de serre	41
c. Impact des activités humaines sur le climat	43
d. Conséquences du réchauffement climatique	44
e. Limitation du réchauffement climatique : atténuation et adaptation	46
3. Zoom sur l’érosion de la biodiversité.....	46
a. La biodiversité : une richesse essentielle en péril.....	46
b. Les causes principales de l’érosion de la biodiversité.....	47
c. Les conséquences de l’érosion de la biodiversité	49

d. Les leviers pour enrayer l'érosion de la biodiversité	49
CHAPITRE III : Enjeux pour les pharmaciens d'officine.....	51
1. Lien entre santé et environnement.....	51
a. Définition et enjeux de la santé-environnement	51
b. Impacts sanitaires des dégradations environnementales	51
c. Une compréhension complexe des interactions : vers l'approche « exposome » et « One Health »	52
d. Politiques publiques et perspectives : le Plan National Santé-Environnement ..	53
2. Dualité du secteur pharmaceutique : entre protection de la santé et impact climatique.....	53
a. Une empreinte carbone considérable.....	54
b. Des impacts écologiques multiples au-delà du carbone.....	55
c. Une dépendance structurelle aux énergies fossiles et aux flux mondialisés.....	55
3. L'écoresponsabilité au service d'une santé plus durable	56
Partie II : Tensions d'approvisionnement en médicaments potentiellement liées aux dérèglements environnementaux dans le monde	58
CHAPITRE I : Raréfaction des ressources et détérioration des médicaments	60
1. Raréfaction des plantes médicinales	60
a. La biodiversité comme source de composants médicinaux naturels	60
b. Une ressource vitale menacée	60
c. Des exemples concrets de pressions sur les espèces médicinales	62
d. Une menace pour la sécurité sanitaire mondiale.....	63
2. Réduction des ressources marines	63
3. Dégradation des infrastructures	65
CHAPITRE II : Accroissement de la demande pour certaines classes thérapeutiques ..	67
1. Effet du dérèglement climatique sur la santé	67
a. Pathologies liées aux événements climatiques extrêmes	67
b. Conséquences psychologiques du dérèglement climatique.....	68
c. Maladies infectieuses et transmission vectorielle	68
d. Allergies respiratoires et maladies chroniques	68
e. Insécurité alimentaire	70
2. Conséquences de la perte de biodiversité sur la santé.....	70
a. Zoonoses et maladies émergentes	70
b. Déclin de la qualité nutritionnelle	71
c. Espèces végétales allergènes et envahissantes	71
d. Immunité affaiblie et maladies inflammatoires	71
e. Perte d'accès aux bienfaits des espaces naturels	72
CHAPITRE III : Résistance aux médicaments	73

1. La résistance aux antimicrobiens : origine, mécanismes et enjeux globaux	73
2. Le changement climatique : catalyseur de la RAM	73
3. Perte de biodiversité et impact sur la résistance aux antimicrobiens	75
4. Vulnérabilité des systèmes alimentaires et accroissement de l'utilisation des antimicrobiens.....	75
5. Risque de mauvaise utilisation et substitutions inadaptées en cas de pénurie	76
CHAPITRE IV : Dérèglement climatique : conflits géopolitiques et pression économique	77
1. Le changement climatique comme facteur de conflits	77
2. Forte dépendance de la France et de l'Europe pour certaines matières premières	78
3. Pression économique et perte de compétitivité de l'Europe.....	80
Partie III : Stratégie d'adaptation de l'officine en France	82
CHAPITRE I : Stratégie de renforcement et de gestion des stocks	83
1. Gestion des rotations de stock.....	83
2. Diversification des fournisseurs : une stratégie d'anticipation face aux pénuries	84
a. Les enjeux de la diversification de fournisseurs	84
b. Les contraintes de la diversification.....	85
c. En pratique : comment les officines s'adaptent	86
3. Outils nationaux de gestion des stocks	86
a. Vigirupture	86
b. DP-Rupture	88
CHAPITRE II : Education des patients.....	92
1. Sensibilisation des patients à la gestion de leurs propres stocks de médicaments.....	92
2. Promotion de la santé et prévention	92
a. Le rôle central de la prévention dans la prise en charge des patients	93
b. Nouvelles missions du pharmacien dans la prévention.....	94
CHAPITRE III : Choix de fournisseurs plus durables	96
1. Outils de mesure de l'impact environnemental des produits pharmaceutiques. 96	
a. Indice Vert (CAHPP) : un outil majeur pour les achats durables.....	96
b. Ecovamed : empreinte carbone et analyse de cycles de vie automatisée	96
c. Initiative nationale : le "Carbone-Score" pour les médicaments en France	97
2. Favoriser les circuits courts.....	98
a. Limiter l'impact environnemental lié au transport.....	98
b. Renforcer la résilience et la souveraineté pharmaceutique par la relocalisation	99
CHAPITRE IV : Meilleure utilisation des médicaments	101
1. Principe de déprescription et co-bénéfices	101

a. L'iatrogénie médicamenteuse	101
b. La déprescription	102
2. La dispensation à l'unité : un outil pour limiter le gaspillage.....	103
3. Vers une meilleure valorisation des médicaments non utilisés et périmés	105
CONCLUSION.....	108
BIBLIOGRAPHIE	109

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie des causes de pénuries de médicaments selon les maillons de la chaîne pharmaceutique.[7]	27
Figure 2 : Evolution du nombre annuel de ruptures (en rouge) et du risque de ruptures (en jaune) de médicaments en France de 2014 à 2022. [15].....	30
Figure 3 : La Grande Accélération : évolution exponentielle du développement socio-économique mondial depuis les années 1950 [28]	35
Figure 4 : Evolution exponentielle de l'impact humain sur le système Terre depuis les années 1950 [29]	36
Figure 5 : Illustration schématique des 9 frontières planétaires dont 7 sont dépassées (en rouge et orange) (actualisation de 2025)[31]	38
Figure 6 : émissions de CO ₂ des principales économies émettrices de 1990 à 2020.[32].....	39
Figure 7 : émissions mondiales cumulées de CO ₂ en fonction du niveau de richesse de 1990 à 2015. [33]	40
Figure 8 : Bilan radiatif et effet de serre naturel de la Terre. [35]	41
Figure 9 : Proportion des différents gaz à effet de serre d'origine humaine émis (en éq CO ₂) de 1970 à 2019.[37]	42
Figure 10 : Estimation du pourcentage d'espèces menacées d'extinction dans différents groupes taxonomiques, sur la base des évaluations de la Liste rouge de l'UICN menées entre 2000 et 2018.[50]	47
Figure 11 : Part des maladies chroniques (cancers, maladies cardiovasculaires, BPCO et asthme) attribuables à l'environnement dans le monde en 2012. [55]	52
Figure 12 : répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé (MtCO ₂ e) par périmètres (scopes) [63]	55
Figure 13 : Évolution de plants âgés de 4 semaines, notamment de l'ouverture des stomates, en fonction de différentes concentrations de CO ₂ . [80]	61
Figure 14 : évolution de la croissance de différentes plantes selon la température. [79]	62
Figure 15 : Evolution de la proportion de la résistance aux céphalosporines de troisième génération chez <i>Escherichia coli</i> et <i>Klebsiella pneumoniae</i> de 2002 à 2018. [113].....	73
Figure 16 : évolution du commerce extérieur français de médicaments de 2000 à 2023 (en millions d'euro).[121].....	78
Figure 17 : Schéma de la répartition de la production des principes actifs dans le monde. [122]	79
Figure 18 : évolution du nombre d'entreprises du médicament en France de 1970 à 2020. [127].....	80
Figure 19 : Fonctionnement du DP-Ruptures et interactions avec les différents acteurs [145]	89
Figure 20 : Comparaison des déterminants de la santé d'une population et du budget santé en France. [152].....	93
Figure 21 : Résultats des évaluations 2024 concernant plusieurs laboratoires pharmaceutiques.[157]	96
Figure 22 : Potentiel de décarbonation de la logistique entre 2023 et 2050. [122].....	98
Figure 23 : Comparaison de l'empreinte carbone de production pharmaceutique en 2023 en fonction du pays de production.[122]	99
Figure 24 : Evolution du pourcentage de principe actif en fonction des années de péremption de comprimés de paracétamol et d'ibuprofène.[175]	106

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : Analyse de Cycle de Vie
ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
API : Ingrédients Pharmaceutiques Actifs
ARA-A : Vidarabine
ARA-C : Cytarabine
BLSE : Bêtalactamases à Spectre Etendu
BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive
CAHPP : Centrale d'Achats de l'Hospitalisation Publique et Privée
CF₄ : Tétrafluorométhane
CFC : Chlorofluorocarbure
CH₄ : Méthane
CMM : Consommation Moyenne Mensuelle
CNAM : Caisse Nationale d'Assurance Maladie
CNOP : Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens
CO₂ : Dioxyde de carbone
COVID-19 : Coronavirus Disease 2019
CSBM : Consommation de Soins et Biens Médicaux
DASRI : Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
DAU : Dispensation A l'Unité
DDU : Demande de Dépannage d'Urgence
DPC : Développement Professionnel Continu
DP-rupture : Dossier Pharmaceutique-rupture
DU : Diplôme Universitaire
EAHP : Association Européenne des Pharmaciens Hospitaliers
EHESP : l'École des Hautes Études en Santé Publique
FAO : Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture
FEFO : First Expired First Out
FIFO : First In First Out
GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GES : Gaz à Effet de Serre
H1N1 : Hémagglutinine 1 Neuraminidase 1
HFCs : Hydrofluorocarbures
H₂O : Eau
HLCP-2 : High Level Committee on Programs – 2
ICH : International Council for Harmonisation
ICS : Commission Internationale de Stratigraphie
ISO : International Organization for Standardization
IUCN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
LEEM : Les Entreprises du Médicament
MITM : Médicament d'Interêt Thérapeutique Majeur
MtCO₂e : Million de tonnes de CO₂ équivalent
N₂O : Protoxyde d'azote
NO₂ : Dioxyde d'azote
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur
PACTES : Programme d'Actions Concertées pour la Transparence et l'Éthique du Secteur de la santé
PEPS : Premier Entré Premier Sorti
PFCs : Perfluorocarbures

PIB : Produit Intérieur Brut
PM_{2,5} : Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 micromètres
PM₁₀ : Particules en suspension dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 micromètres
PNSE : Plan National Santé-Environnement
PPM : Partie Par Million
PR : Pharmacien Référent
PRG : Potentiel de Réchauffement Global
PUI : Pharmacie à Usage Intérieur
RAM : Résistance aux Antimicrobiens
RFA : Remise de Fin d'Année
ROS : Reactive Oxygen Species
RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprise
SARS-CoV-2 : Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2
SF₆ : Hexafluorure de soufre
SLEP : Shelf-Life Extension Program
SO₂ : Dioxyde de soufre
START : Screening Tool to Alert to Right Treatment
STOPP : Screening Tool of Older Persons' Prescriptions
TESS : Transformation Écologique du Système de Santé
TROD : Test Rapide d'Orientation Diagnostique
UNOC3 : Troisième Conférence des Nations Unies sur l'Océan
UNPF : Union Nationale des Pharmacies de France
USPO : Union des Syndicats de Pharmaciens d'Officine

INTRODUCTION

La consommation de médicaments occupe une place centrale dans le système de santé français, tant par son ampleur que par ses enjeux économiques et sociaux. La France fait partie des pays européens les plus consommateurs de médicaments. En effet, en 2023, la consommation de soins et biens médicaux (CSBM) représentait environ 249 milliards d'euros, soit près de 3 654 € par habitant[1]. Cette forte consommation s'explique notamment par la prévalence élevée des maladies chroniques, le vieillissement de la population et une culture du recours médicamenteux bien ancrée.

Pourtant, malgré ce poids économique et sanitaire, la France est confrontée depuis plusieurs années à un phénomène croissant de tensions d'approvisionnement et de pénuries de médicaments. Pour illustrer cette tendance, en 2022, plus de 3 700 signalements de ruptures ou risques de ruptures ont été relevés pour les médicaments d'intérêt thérapeutique majeur, contre 404 en 2013 [2]. Ce phénomène touche aussi bien des molécules anciennes et peu rentables que certains traitements essentiels.

Si les causes de ces ruptures ont d'abord été attribuées à des facteurs industriels et économiques, il devient aujourd'hui nécessaire de les considérer sous l'angle de la crise écologique. Le changement climatique et l'érosion de la biodiversité ne sont plus de simples enjeux périphériques, mais des réalités qui influencent directement la disponibilité des matières premières, la fiabilité des chaînes logistiques et, *in fine*, l'accès aux médicaments.

Ce constat soulève plusieurs problématiques : les dérèglements environnementaux constituent-ils un facteur aggravant des tensions d'approvisionnement en médicaments, et si oui, par quels mécanismes ? Face à ces défis, comment les officines peuvent-elles adapter leurs pratiques afin d'assurer la continuité des soins, tout en intégrant une démarche de durabilité et de résilience ? C'est à ces problématiques que la présente thèse entend répondre.

Les objectifs sont multiples : analyser l'impact des dérèglements environnementaux sur les chaînes d'approvisionnement pharmaceutiques ; proposer des pistes concrètes pour anticiper et prévenir les tensions à venir ; sensibiliser les pharmaciens à leur rôle dans la gestion durable des ressources et leur contribution à une santé plus respectueuse de l'environnement.

Pour répondre à ces enjeux, la thèse se développe en trois grandes parties. La première pose les bases de compréhension en détaillant les éléments généraux sur les pénuries de médicaments, leurs causes et chiffres clés, replacés dans le contexte du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité. Elle met également en évidence les enjeux spécifiques pour les pharmacies d'officine, entre responsabilité sanitaire et impératif environnemental. La deuxième partie élargit l'analyse à l'échelle mondiale, en examinant les tensions d'approvisionnement susceptibles d'être exacerbées par les dérèglements environnementaux : raréfaction des ressources, augmentation de la demande liée aux impacts sanitaires du climat et de la biodiversité, progression de la résistance antimicrobienne, ainsi que les pressions géopolitiques et économiques. Enfin, la troisième partie se concentre sur les stratégies d'adaptation à l'échelle de l'officine en France : gestion et diversification des stocks, éducation des patients, recours à des fournisseurs plus durables, et optimisation de l'usage des médicaments pour limiter le gaspillage et renforcer la résilience.

Ainsi, cette recherche¹ vise à croiser deux enjeux majeurs de notre époque, la sécurité d'approvisionnement en médicaments et la crise écologique, pour envisager l'officine non seulement comme un lieu de dispensation, mais aussi comme un acteur clé de la transition vers une santé plus durable et résiliente.

¹ La rédaction de cette thèse s'est achevée le 12 septembre 2025 et ne prend pas en compte les textes publiés après cette date.

PARTIE I : Tensions d'approvisionnement et crise écologique, enjeux pour la pharmacie d'officine

CHAPITRE I : Généralités autour des pénuries de médicaments

1. Des tensions aux pénuries : catégorisation des ruptures de médicaments

Les ruptures de médicaments sont en hausse ces dernières années et représentent des situations différentes qu'il est important de bien distinguer. Si les termes utilisés semblent parfois semblables, ils renvoient à des spécificités précises au sein de la chaîne pharmaceutique.

La **rupture d'approvisionnement**, terme central dans la pratique officinale, désigne l'incapacité pour une pharmacie d'officine ou une pharmacie à usage intérieur (PUI) de délivrer un médicament à un patient dans un délai de 72 heures, malgré des tentatives d'approvisionnement auprès d'au moins deux distributeurs. Ce délai peut être réduit par le pharmacien, en fonction des impératifs thérapeutiques du patient. Cette situation représente la conséquence d'un dysfonctionnement en amont, dont les origines peuvent être multiples.[3]

Parmi ces origines, on retrouve en premier lieu la **rupture de stock**, qui intervient au niveau de l'exploitant, autrement dit du laboratoire pharmaceutique. Elle se définit comme l'impossibilité de fabriquer ou d'exploiter un médicament, le plus souvent en raison d'un manque de matières premières, d'une défaillance industrielle, ou de problèmes de qualité empêchant la libération des lots. Cette rupture peut parfois être anticipée, si un risque est identifié, ou avérée lorsque le stock est indisponible. Elle est donc un indicateur de fragilité structurelle dans la production.[3]

Mais la rupture d'approvisionnement peut aussi venir d'une **rupture dans la chaîne de distribution**, qui concerne les étapes de transport et de répartition. Dans ce cas, le médicament est disponible en stock, mais n'est pas distribué partout sur le territoire. Le défaut d'approvisionnement résulte alors d'un problème logistique, d'une mauvaise gestion des flux, ou de pratiques commerciales réduisant la disponibilité dans certaines officines.[4]

Ensuite, on retrouve les **tensions d'approvisionnement**, qui désignent une situation transitoire où le fabricant ne peut plus fournir le marché dans des conditions normales, du fait de stocks limités. Le médicament est encore disponible, mais en quantités insuffisantes pour répondre à la demande. Ces tensions signalent un risque imminent de rupture, et justifient une surveillance importante.[5]

Enfin, le terme de **pénurie** est parfois utilisé pour désigner une situation plus globale d'indisponibilité d'un médicament. Elle peut être due à une rupture de stock, une défaillance dans la distribution, ou un ensemble des deux. Toutes ces situations ont un impact plus ou moins important sur la dispensation du traitement au patient.[5]

La surveillance est renforcée pour les médicaments d'intérêt thérapeutique majeur (MITM), définis comme ceux dont l'interruption de traitement pourrait compromettre le pronostic vital du patient ou entraîner une perte de chance importante. En cas de rupture, réelle ou anticipée, les laboratoires ont l'obligation d'en informer sans délai l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), en

précisant les délais prévisionnels de retour à la normale et les alternatives thérapeutiques éventuelles.[3]

2. Causes des ruptures de médicaments

Les pénuries de médicaments sont devenues un enjeu central de santé publique dans le monde. Elles reflètent la fragilité de notre système pharmaceutique, face à des tensions qui se multiplient sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, de la production à la distribution (Figure 1). Ce phénomène est la conséquence de différents éléments tels que des facteurs industriels, économiques, réglementaires et logistiques. À cela s'ajoute le changement climatique qui est un facteur systémique. Celui-ci ne constitue pas une cause parmi d'autres, mais un catalyseur et un révélateur des vulnérabilités structurelles de la chaîne pharmaceutique mondiale déjà existantes.[6]

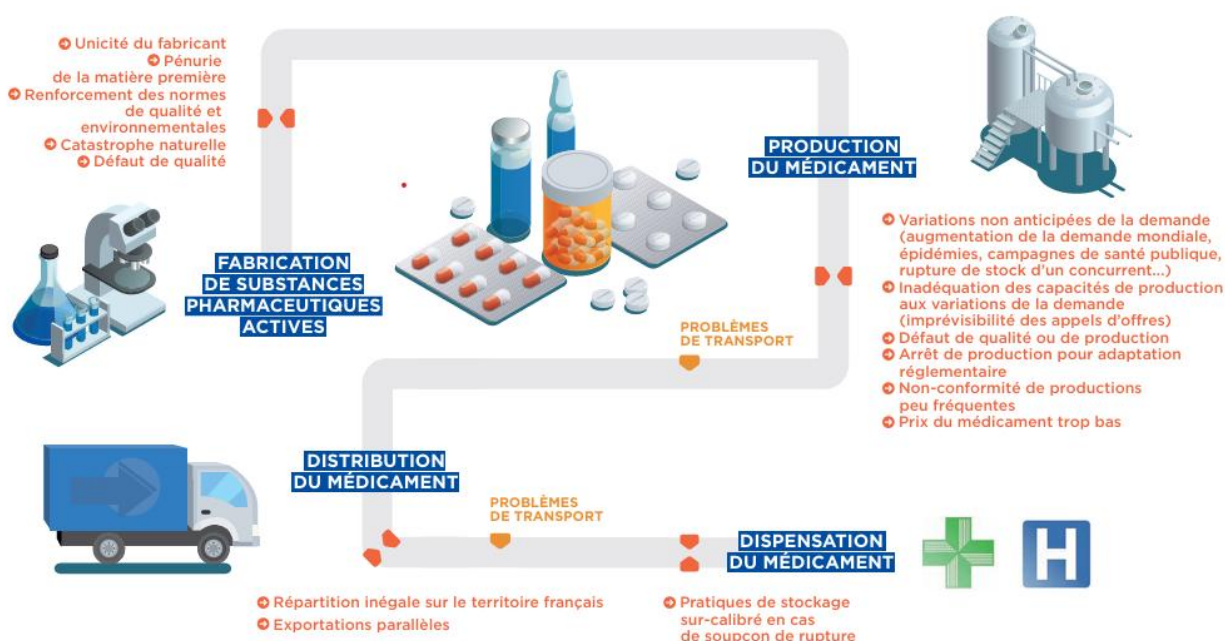


Figure 1 : Cartographie des causes de pénuries de médicaments selon les maillons de la chaîne pharmaceutique.[7]

a. Une demande en forte croissance, difficilement anticipable

La demande en médicaments connaît une augmentation continue à l'échelle mondiale. Cette dynamique est alimentée par différents facteurs. Tout d'abord, le vieillissement des populations dans les pays industrialisés entraîne une consommation importante de traitements chroniques. Ensuite, dans les pays émergents, l'amélioration de l'accès aux soins et la mise en place de politiques de santé publique participent à un développement du marché pharmaceutique [8]. En Chine, par exemple, un plan de santé lancé en 2009 a permis d'augmenter la prise en charge des médicaments essentiels.[9]

À cela s'ajoutent des demandes imprévues, liées à des crises sanitaires, des épidémies ou des changements de recommandations thérapeutiques. Certaines campagnes de vaccination massives ou des usages détournés de médicaments, comme l'Ozempic par des non-diabétiques pour perdre du poids, peuvent déséquilibrer les circuits d'approvisionnement.[10] Ce déséquilibre est d'autant plus problématique que de nombreux acteurs de la chaîne logistique fonctionnent en flux tendus. Ce qui correspond à avoir un minimum de stock pour réduire les coûts, ne permettant pas de répondre aux variations inattendues de la demande. [8]

b. Une production mondialisée, concentrée et fragile

La **mondialisation** a grandement modifié la chaîne de production des médicaments. Une part très importante de la fabrication, notamment des principes actifs, a été délocalisée dans des pays à bas coûts de production. On retrouve principalement des pays d'Asie. Cette évolution a engendré un regroupement important des sites de production. Pour certaines molécules, seuls deux ou trois fournisseurs sont aujourd'hui disponibles dans le monde. Le recours à la sous-traitance ainsi que la spécialisation des sites industriels accentuent cette vulnérabilité. Dans le contexte actuel, un site de production peut être seul à avoir la technologie et le personnel formé pour produire un médicament donné. Si ce site est temporairement indisponible, la fabrication est mise à l'arrêt. [9]

c. Des contraintes réglementaires freinant l'adaptabilité

L'industrie pharmaceutique est soumise à des normes de qualité strictes. Ce qui est justifié par la nécessité de garantir la sécurité des patients [11]. Cependant, cette exigence rend difficile les ajustements rapides. Dans certains cas, comme pour les vaccins, le cycle de production peut durer de six à vingt-deux mois. Une grande partie de ce délai est consacrée au contrôle qualité. Toute modification doit être déclarée et validée par les autorités, ce qui allonge encore les délais.[9]

L'arrivée de nouvelles normes, telles que la sérialisation obligatoire des médicaments, a également entraîné des ralentissements de la production. Ces contraintes sont nécessaires pour lutter contre la contrefaçon et garantir la traçabilité, mais elles rendent le système plus complexe. [9]

De plus, les normes écologiques, notamment en matière de rejets dans l'air et l'eau, sont beaucoup plus strictes en Europe que dans d'autres régions du monde. Cela limite l'implantation et le maintien de sites de production sur le continent.[9]

Dans un tel contexte, il devient difficile pour les industriels d'adapter leur production à des hausses soudaines de la demande ou à des interruptions ponctuelles de leur chaîne de fabrication.

d. Des arbitrages économiques défavorables aux médicaments essentiels

L'économie du médicament se veut rentable et privilégie les produits innovants au détriment des médicaments dits "matures", souvent génériques et peu rémunérateurs.

De nombreux laboratoires ont fait le choix d'abandonner la production de certaines molécules anciennes. Cela pose donc un problème dans la pratique médicale quotidienne. Ce phénomène est renforcé par les politiques de fixation des prix. En effet, certains marchés, comme celui de la France, deviennent particulièrement peu attractifs.[8]

De plus, la libre circulation des biens au sein de l'Union européenne facilite les exportations parallèles. Des grossistes achètent des médicaments dans les pays où ils sont les moins chers pour les revendre dans ceux où les prix sont plus importants. Cette réalité contribue à l'épuisement des stocks nationaux. [9]

e. Le changement climatique comme facteur aggravant des pénuries

Le changement climatique occupe une place importante dans les causes des tensions d'approvisionnement pharmaceutique. Contrairement à d'autres facteurs plus ponctuels, il représente une dynamique systémique et croissante, capable de fragiliser durablement la chaîne du médicament. Son influence se manifeste de plusieurs manières. En effet, il touche à la fois la disponibilité des ressources, les conditions de production, la stabilité des infrastructures, et même les besoins en médicaments eux-mêmes.

L'une des conséquences directes du réchauffement climatique sur le secteur pharmaceutique concerne la disponibilité des matières premières. De nombreux médicaments dépendent de ressources naturelles issues du monde végétal ou animal. Près de trois quarts des molécules approuvées entre 1981 et 2019 viennent directement ou indirectement de produits naturels [12]. Or, ces ressources sont très sensibles aux aléas climatiques. La sécheresse, la montée des températures ou encore la perte de biodiversité peuvent compromettre les récoltes de plantes médicinales ou la disponibilité de substances animales utilisées dans la fabrication de principes actifs. Ce phénomène est accentué par le nombre restreint de sites de production utilisés par l'industrie pharmaceutique, parfois concentrés dans des zones particulièrement exposées aux dérèglements climatiques. La dépendance à ces sources fragiles augmente donc le risque de rupture.[11]

Mais le changement climatique n'affecte pas seulement l'offre. Il agit également sur la demande. Les effets du réchauffement sur la santé humaine sont bien documentés par la littérature scientifique. Ils entraînent une augmentation des pathologies aiguës et chroniques, et donc une sollicitation accrue des systèmes de santé. Les vagues de chaleur favorisent les troubles cardiovasculaires, respiratoires ou neurologiques. Les sécheresses rendent difficile l'accès à l'eau potable, augmentant les risques d'infections. Les inondations ou les catastrophes naturelles déclenchent des épidémies et aggravent les maladies mentales ou post-traumatiques [12]. On note aussi une augmentation de la fréquence des zoonoses. Ces maladies transmissibles de l'animal à l'homme, sont favorisées par la perturbation des habitats naturels et le rapprochement des espèces sauvages des populations humaines. Ce phénomène est également intensifié par l'érosion de la biodiversité. Le risque de pandémies est accru, comme l'a montré de manière brutale l'épisode de la COVID-19, qui annonce sans doute d'autres crises sanitaires liées à l'environnement.[12]

Enfin, l'impact du changement climatique sur les infrastructures a un rôle important dans la création des pénuries. Les événements climatiques extrêmes tels que les

tempêtes, les incendies, les ouragans ou les inondations, peuvent mettre à l'arrêt l'ensemble d'une chaîne logistique. Par exemple, l'ouragan Maria, qui a frappé Porto Rico en 2017, a provoqué une rupture prolongée dans l'approvisionnement mondial en poches de solution saline. Cela montre à quel point la dépendance à quelques sites de production mondiaux, amplifie l'impact des aléas climatiques sur la production pharmaceutique.[11]

Ce constat met en lumière un double enjeu. D'une part, le changement climatique augmente les besoins en médicaments, en exerçant une pression importante sur les systèmes de santé. D'autre part, il diminue leur disponibilité en perturbant les conditions de production et de distribution. Cette situation nécessite une réponse coordonnée sur les plans sanitaire, industriel et environnemental. Ignorer l'impact du climat sur la chaîne du médicament reviendrait à négliger l'une des causes principales des pénuries actuelles et à venir.

3. Chiffres clés

Ces dernières années, les pénuries de médicaments ont très fortement augmenté. En 2022, l'ANSM a relevé 3 751 signalements de rupture ou risque de rupture de stock en France. En 2017, elles s'élevaient à 871, soit plus de quatre fois plus en cinq ans[13] (Figure 2). Ce chiffre a encore augmenté en 2023, pour aller jusqu'à 4 925 déclarations, dont une majorité concerne des MITM[14]. Ce chiffre traduit la réalité des Français puisqu'en 2023, 37 % d'entre eux déclaraient avoir été confrontés à une pénurie de médicament.[15]

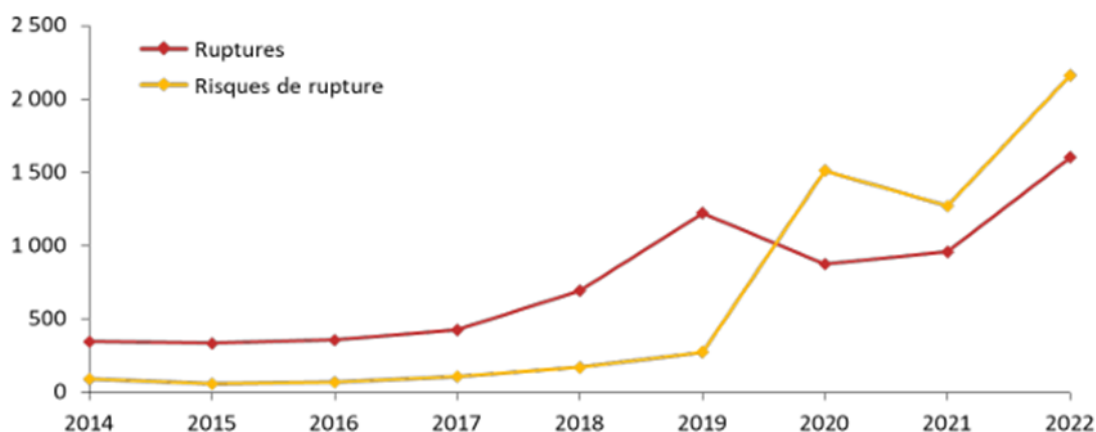


Figure 2 : Evolution du nombre annuel de ruptures (en rouge) et du risque de ruptures (en jaune) de médicaments en France de 2014 à 2022. [15]

Bien que les ruptures puissent toucher toutes les classes thérapeutiques, certaines sont plus exposées que d'autres. Selon l'ANSM et plusieurs analyses récentes, les médicaments les plus fréquemment touchés par les ruptures appartiennent aux classes suivantes :[16]

- **Système cardiovasculaire** : 28 % des signalements (pour seulement 8 % de part de marché).
- **Système nerveux** : 21 % des signalements (pour 33 % de part de marché).
- **Anti-infectieux** : 14 % des signalements (pour 5 % de part de marché).

D'autres classes de médicaments peuvent être touchées par les ruptures et représenter un risque important. On retrouve notamment les anti-néoplasiques, les immunomodulateurs et les médicaments dérivés du sang, qui font l'objet de ruptures plus ponctuelles mais critiques.[17]

Par ailleurs, la durée médiane des ruptures d'approvisionnement est estimée à environ deux mois. Cela qui signifie que la moitié des ruptures dépasse cette durée. Certaines sont très brèves (quelques heures), en particulier lorsqu'elles sont rapidement rétablies par une livraison urgente. Au contraire, d'autres durent plusieurs mois, voire plus d'un an dans certains cas (comme pour certains vaccins ou médicaments orphelins). Ce phénomène a des conséquences importantes sur la continuité des soins. La durée de la rupture varie fortement selon la classe thérapeutique, le nombre de fournisseurs disponibles et le caractère essentiel ou substituable du médicament concerné.[13]

Enfin, les médicaments génériques sont perçus comme étant les plus souvent en pénurie. 77 % des répondants à une enquête européenne de 2018 les ont désignés comme les principaux concernés, contre 65 % pour les princeps. Ce résultat s'explique entre autre par le faible prix de vente des génériques, ce qui diminue les marges des fabricants et rend leur production moins rentable[18]. Par ailleurs, comme les génériques représentent une part importante des traitements courants, leur indisponibilité a un impact direct sur un grand nombre de patients. Cette situation augmente la pression sur les professionnels de santé pour trouver des alternatives.[18]

4. Impact des pénuries

Les ruptures de médicaments représentent aujourd'hui un défi majeur pour les pharmaciens d'officine. Avec des répercussions multiples, tant sur l'organisation des soins que sur la santé des patients. Longtemps observé dans les hôpitaux, ce phénomène touche aujourd'hui aussi fortement les pharmacies de ville.[19]

a. Une pression croissante sur les officinaux

À l'officine, la gestion des ruptures est très chronophage. Tout comme à l'hôpital, où une enquête de l'Association Européenne des Pharmaciens Hospitaliers (EAHP) a démontré que près de la moitié des professionnels y consacrent jusqu'à 5 heures par semaine, les pharmaciens d'officine passent beaucoup de temps à gérer ces ruptures. Effectivement, ils doivent rechercher des alternatives, contacter les prescripteurs, rassurer les patients et gérer les tensions avec les grossistes ou laboratoires[20]. En France, selon une enquête menée par l'Ordre national des pharmaciens en 2022, plus de 85 % des pharmaciens d'officine déclaraient consacrer plusieurs heures par semaine à la gestion des ruptures. Chaque rupture implique un travail de coordination entre le pharmacien, le médecin, les laboratoires ou grossistes, ainsi qu'un effort de communication auprès du patient. Par ailleurs, les solutions temporaires proposées peuvent s'avérer techniquement ou économiquement non viables.[19]

Ce temps est souvent pris sur leur disponibilité pour le conseil aux patients ou d'autres missions de santé publique.

Cela donne un aperçu intéressant de la pression exercée sur les équipes officinales et du déséquilibre croissant entre les responsabilités et les moyens disponibles.[21]

Un exemple récent illustre bien cette difficulté. En effet, face aux tensions d'approvisionnement en sertraline, les pharmaciens ont été autorisés à dispenser des préparations magistrales de ce principe actif en cas d'indisponibilité des spécialités Zoloft ou de leurs génériques. Si cette mesure a pour but de garantir la continuité des soins pour les patients souffrant de troubles dépressifs, elle reste peu appliquée en pratique. Cela est dû à une rémunération trop faible pour couvrir les frais de préparation. Ce cas concret montre que même lorsque des solutions existent sur le papier, elles ne sont pas toujours applicables sur le terrain, faute d'un cadre adapté.[22]

b. Conséquences médicales : retards, substitutions et erreurs

Les conséquences médicales ne sont pas anodines pour les patients. Les ruptures peuvent entraîner des retards de traitement, des interruptions, des substitutions parfois inadaptées et même des erreurs médicamenteuses graves [11]. L'exemple d'un patient hospitalisé pour un gliome illustre bien ces dangers. Etant en rupture, la spécialité Belustine 40 mg, a été remplacée par une autre spécialité (Cecenu), conditionnée différemment. Cela a conduit à un surdosage grave, provoquant un syndrome de Lyell et une hospitalisation en réanimation. Bien que cet événement se soit produit à l'hôpital, il souligne ce qui peut arriver à l'officine lorsqu'un patient reçoit un médicament substitut sans explication claire, ce qui peut être le cas en période de pénurie.[14]

À l'officine, ces situations engendrent également de nombreuses interactions avec le médecin pour ajuster l'ordonnance, parfois dans l'urgence.

Le risque est d'autant plus grand pour les patients âgés, polymédiqués, ou atteints de pathologies chroniques, comme l'a confirmé une enquête du Leem. 47 % des patients chroniques avaient été confrontés à une rupture dans les six mois précédents.[9]

c. Un coût psychologique et économique

Les conséquences des pénuries ne s'arrêtent pas à la qualité des soins. Elles impactent aussi la relation de confiance entre le pharmacien et le patient. À l'officine, le pharmacien est le premier à devoir annoncer une indisponibilité, parfois répétée, d'un traitement essentiel. Cela entraîne des sentiments d'insatisfaction, de frustration, voire d'angoisse chez les patients. Ces derniers peuvent perdre confiance dans le système de soins, retarder leur traitement ou chercher des solutions sur internet, au risque de se tourner vers des produits contrefaits, un phénomène bien documenté dans les pays à revenu intermédiaire.[11]

Dun point de vue économique, les ruptures engendrent des surcoûts importants. Il peut y avoir une nécessité de commander à l'étranger, des prix majorés ou des recours à des alternatives plus chères. 81 % des pharmaciens hospitaliers interrogés par l'EAHP en 2018 estimaient que les pénuries avaient un impact budgétaire significatif. Ce phénomène était lié à la fois à l'achat de médicaments plus coûteux et au temps supplémentaire consacré par le personnel[20]. Les officines doivent faire face à ces coûts sans compensation particulière.

d. Une problématique systémique et persistante

L'ampleur des pénuries est de plus en plus importante. En effet, près d'un français sur trois déclarait en 2018 avoir été confronté à au moins une rupture de stock au cours des six mois précédents. Le grand public considère majoritairement l'industrie pharmaceutique (55 %) et les distributeurs (22 %) comme responsables. Cependant 11 % incriminent tout de même les pharmaciens. Ce constat montre à quel point les officinaux sont exposés dans cette crise alors même qu'ils en subissent les conséquences sans en être les acteurs.[9]

Toute la chaîne de soins a été impactée par la persistance de ces ruptures. Dans certains cas extrêmes, les pénuries ont eu pour conséquence l'annulation d'interventions chirurgicales, comme lors de la pénurie de sulfate de protamine, ou l'augmentation de la mortalité, notamment en cancérologie. [11]

En somme, la gestion des ruptures de médicaments nécessite un temps très important dans les officines. Cette situation éloigne les pharmaciens de leur cœur de métier, à savoir, l'accompagnement thérapeutique des patients.

Après avoir présenté les généralités sur les pénuries de médicaments, il est important de comprendre que ces ruptures ne se produisent pas isolément. Le dérèglement climatique et l'érosion de la biodiversité modifient les chaînes de production, l'approvisionnement des matières premières et donc la disponibilité des médicaments. Prendre en compte ces changements permet donc de mieux comprendre les dynamiques actuelles et futures des pénuries et d'envisager des solutions durables.

CHAPITRE II : Contexte écologique

1. L'Anthropocène

a. Une nouvelle ère géologique dominée par l'Homme

L'Anthropocène marque une époque où l'influence humaine est devenue la principale force de transformation de la Terre, surpassant les processus naturels. Le chimiste et Prix Nobel néerlandais Paul Josef Crutzen a popularisé ce terme au début des années 2000. Il a identifié la révolution industrielle comme le point de basculement vers cette nouvelle phase. [23]

Cette ère met fin à la séparation traditionnelle entre l'Homme et son environnement. Aujourd'hui, l'humanité prend conscience qu'elle fait pleinement partie de la biosphère et qu'elle exerce sur elle une influence profonde. En effet, l'Homme modifie de manière irréversible les équilibres naturels de la planète. [24]

Cet impact de l'Homme se reflète aussi dans la répartition de la biomasse terrestre. La masse de l'humanité dépasse dix fois celle des mammifères sauvages. De plus, si l'on inclut celle du bétail destiné à la consommation, seulement 4 % de la biomasse des mammifères reste constituée d'espèces sauvages. Par ailleurs, la masse totale des infrastructures et des objets manufacturés approche celle de l'ensemble du vivant. Ce constat souligne l'ampleur de l'empreinte humaine sur la planète. [25]

Le concept d'Anthropocène est aujourd'hui largement utilisé dans les domaines comme l'écologie, la géographie ou les sciences sociales. Pourtant, il n'est pas encore officiellement reconnu par les géologues, qui établissent les différentes grandes périodes de l'histoire de la planète (comme le Jurassique ou l'Holocène). En mars 2024, la Commission internationale de stratigraphie (ICS), organisme qui décide si une nouvelle époque peut être ajoutée à l'échelle des temps géologiques, a rejeté la proposition de faire de l'Anthropocène une époque à part entière. La raison principale est que les données scientifiques exposées ne sont pas jugées suffisamment convaincantes. Par exemple, les chercheurs avaient choisi un lac au Canada (le lac Crawford) où les couches de sédiments montraient des traces de l'activité humaine (pollution, restes nucléaires, plastiques...), mais cela n'a pas suffi. Par ailleurs, les traces de radioactivité laissées dans les sédiments par les essais nucléaires et les bombes atomiques de 1945 ont été jugées trop localisées et pas représentatives à l'échelle mondiale. Pour les géologues, une époque doit reposer sur des signes visibles et universels dans les roches ou les sols partout sur la planète. Ce qui est difficile à démontrer aujourd'hui. [26]

Avant l'Anthropocène, la Terre était (et est toujours officiellement) dans l'Holocène, époque commencée il y a environ 11 700 ans, à la fin de la dernière grande glaciation. C'est durant l'Holocène que se sont développées l'agriculture, les civilisations humaines et les grandes villes. Juste avant, on trouve le Pléistocène, une époque bien plus longue, marquée par des cycles de glaciations et d'interglaciations, où l'espèce humaine moderne (*Homo sapiens*) est apparue. Ces deux époques appartiennent à une période plus large appelée le Quaternaire. Celle-ci regroupe les derniers 2,6 millions d'années de l'histoire de la Terre. [27]

b. Une accélération sans précédent des transformations humaines

Depuis les années 1950, les activités humaines ont connu une augmentation fulgurante, alimentée par l'industrialisation, la mondialisation et l'exploitation des énergies fossiles [25] (Figure 3). Ces transformations ont indéniablement contribué à améliorer la santé, le confort et l'espérance de vie pour une partie de la population mondiale. Cependant, leurs bénéfices n'ont pas été équitablement répartis.

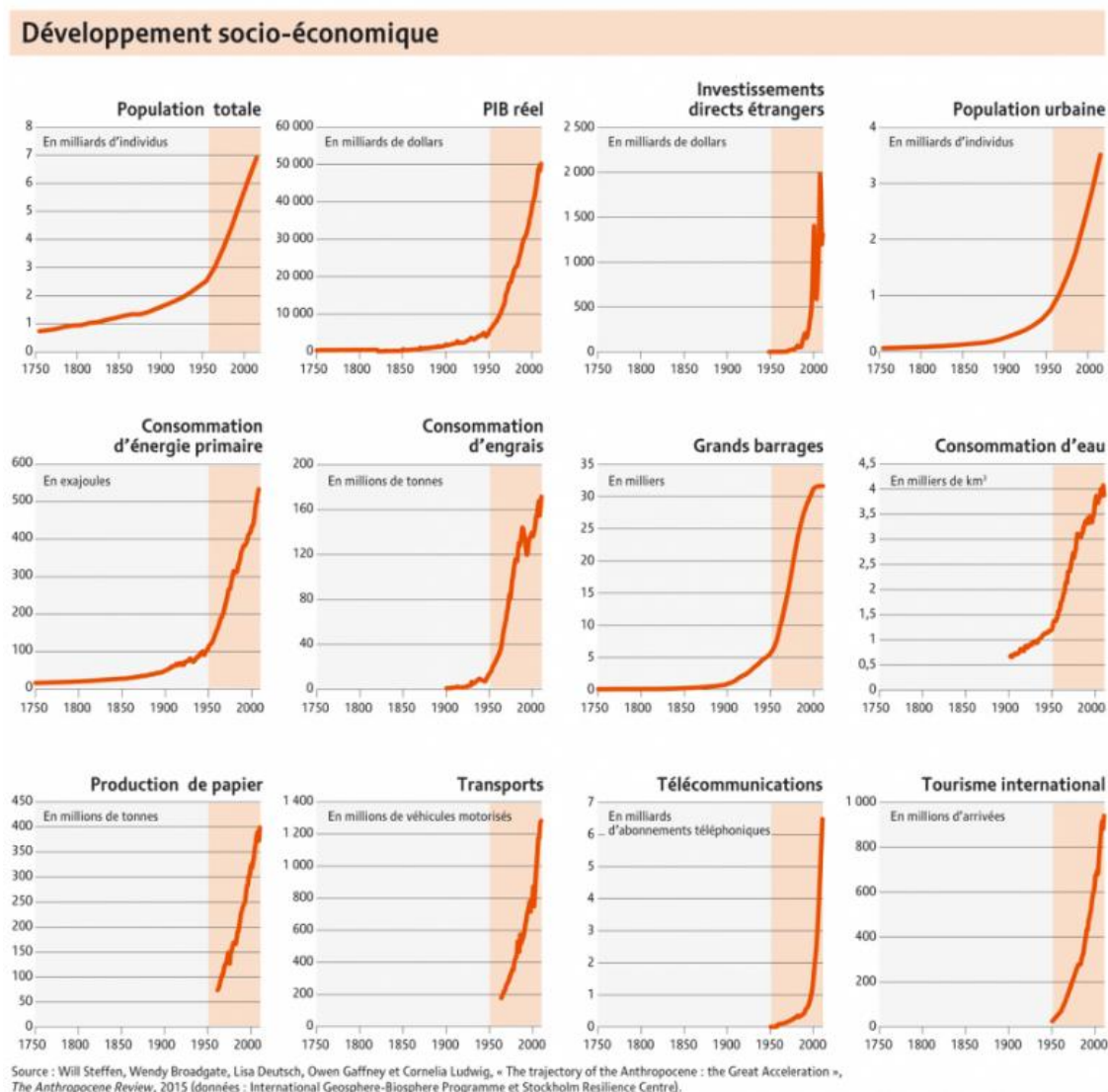


Figure 3 : La Grande Accélération : évolution exponentielle du développement socio-économique mondial depuis les années 1950 [28]

Parallèlement, elles ont engendré des bouleversements écologiques importants, compromettant les équilibres naturels (Figure 4) :

- La pollution de l'air, des sols et des océans,
- La destruction accélérée des habitats naturels et l'érosion massive de la biodiversité,
- La perturbation des équilibres climatiques et des grands cycles biogéochimiques

Evolution du système Terre

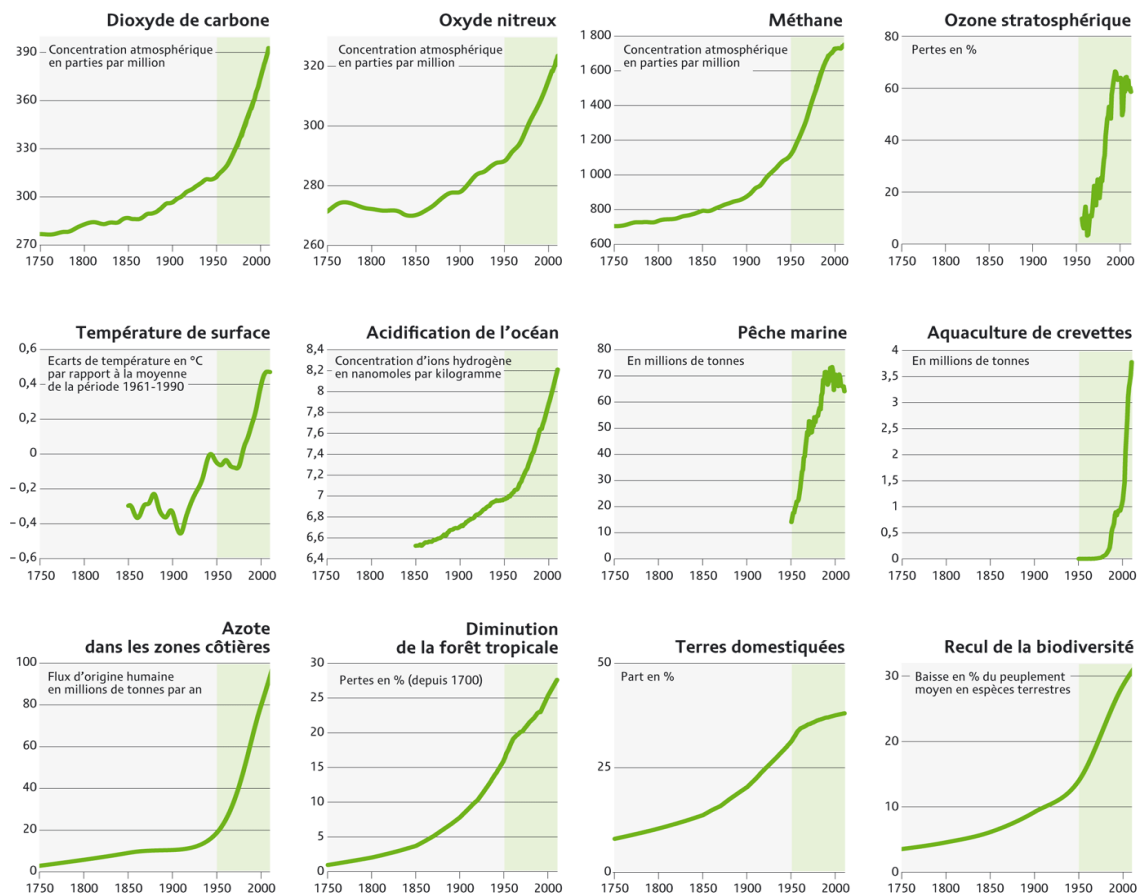


Figure 4 : Evolution exponentielle de l'impact humain sur le système Terre depuis les années 1950 [29]

c. Les frontières planétaires : un seuil critique déjà dépassé

Les travaux de Johan Rockström, directeur du Stockholm Resilience Center, et de ses collaborateurs, ont identifié neuf frontières planétaires. Celles-ci définissent les conditions de stabilité pour l'humanité [30]. Parmi elles, sept sont déjà dépassées, menaçant les écosystèmes et les sociétés humaines :

1. **Le changement climatique** : L'augmentation des gaz à effet de serre (GES), notamment du dioxyde de carbone (CO_2) et du méthane (CH_4), modifie l'équilibre énergétique terrestre. En retenant davantage de chaleur, ces émissions entraînent une hausse des températures moyennes mondiales. Cela affecte les régimes climatiques, amplifie les phénomènes extrêmes (sécheresses, tempêtes, incendies) et perturbe les écosystèmes.
2. **L'intégrité de la biosphère** : L'effondrement de la biodiversité menace la stabilité des écosystèmes. La disparition rapide des espèces végétales et animales, due à la destruction des habitats, à la pollution et à la surexploitation, compromet les services écologiques essentiels comme la pollinisation, la régulation climatique et le cycle des nutriments. Le déclin accéléré de la biodiversité laisse penser que nous pourrions entrer dans une sixième

extinction de masse. Bien que son ampleur et ses conséquences exactes restent encore débattues par les scientifiques.

3. **Les cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphore** : L'utilisation excessive de fertilisants chimiques à base d'azote et de phosphore perturbe leur cycle naturel. L'accumulation de nutriments dans les écosystèmes entraîne l'eutrophisation des eaux (prolifération d'algues, zones mortes océaniques) et pollue les nappes phréatiques. Ce phénomène compromet la qualité de l'eau potable et des sols agricoles.
4. **L'usage des sols** : La conversion des forêts, prairies et zones humides en terres agricoles, infrastructures urbaines et industrielles réduit la capacité de la planète à absorber le carbone, à maintenir la biodiversité et à réguler le climat. La déforestation, en particulier dans les zones tropicales, fragilise les écosystèmes et diminue les puits de carbone naturels.
5. **La consommation d'eau douce** : Il y a une exploitation excessive des ressources en eau douce, notamment pour l'agriculture, l'industrie et la consommation humaine. Celle-ci dépasse les capacités naturelles de renouvellement des nappes phréatiques et des rivières. Cette surconsommation entraîne la désertification de certaines régions, fragilise la sécurité alimentaire et limite l'accès à l'eau potable.
6. **Les nouvelles entités chimiques** : L'introduction massive de substances synthétiques dans l'environnement (microplastiques, pesticides, perturbateurs endocriniens, déchets nucléaires) affecte la santé humaine et les écosystèmes. Ces polluants s'accumulent dans l'air, l'eau et les sols, ce qui entraîne des effets toxiques parfois irréversibles sur la faune et la flore.
7. **L'acidification des océans** : L'absorption de CO₂ par les océans engendre une baisse du pH de l'eau. Cette acidification menace les organismes marins calcifiants comme les coraux et les mollusques et donc les chaînes alimentaires en aval. Cette frontière a récemment été franchie, signe d'une acidification croissante des océans.[31]

En revanche, deux frontières restent encore dans un espace d'exploitation jugé sûr :

8. **L'appauvrissement de la couche d'ozone** : Grâce aux politiques de restriction des chlorofluorocarbures (CFC), la couche d'ozone est en voie de rétablissement. Elle protège la vie sur Terre en filtrant les rayonnements ultraviolets nocifs.
9. **La charge atmosphérique en aérosols** : Les particules en suspension influencent les régimes climatiques et les précipitations. Leur impact varie selon les régions, mais reste globalement sous contrôle.

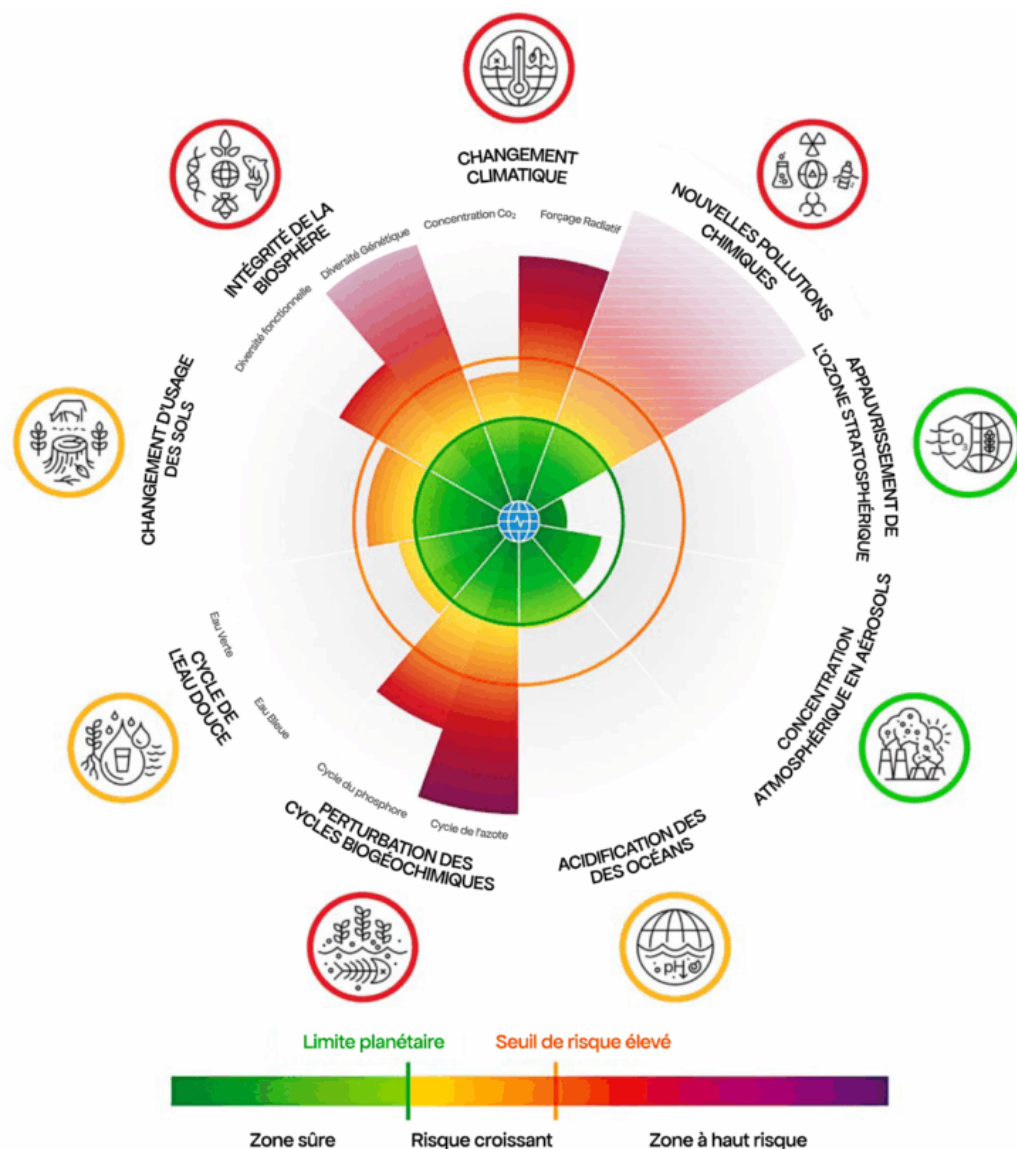


Figure 5 : Illustration schématique des 9 frontières planétaires dont 7 sont dépassées (en rouge et orange) (actualisation de 2025)[31]

Les neuf frontières planétaires sont interconnectées, ce qui signifie qu'une perturbation dans l'un de ces systèmes peut entraîner des répercussions sur les autres. Par exemple, l'augmentation des émissions de GES contribue au changement climatique et accélère l'acidification des océans, ce qui menace la biodiversité marine. De même, la déforestation perturbe l'intégrité de la biosphère et réduit la capacité des forêts à absorber le carbone, exacerbant ainsi le réchauffement global. Cette dynamique en chaîne montre que franchir une seule de ces frontières peut accentuer les déséquilibres écologiques, menaçant ainsi la stabilité globale de la planète.[30]

d. Un impact inégalement réparti

L'Anthropocène ne signifie pas que tous les humains sont également responsables des bouleversements environnementaux. En réalité, une minorité de la population mondiale des pays riches est à l'origine de la majorité des perturbations. Aussi, 70 % des émissions de GES proviennent du milliard d'individus les plus riches. [24]

Depuis les années 2000, la Chine est à la première place mondiale en termes d'émissions de CO₂, avec une part de 30,3 % des émissions mondiales en 2019. Les États-Unis arrivent en seconde position avec 13,4 %, suivis par l'Union européenne (7,7 %) et l'Inde (6,8 %) (Figure 6).[32]

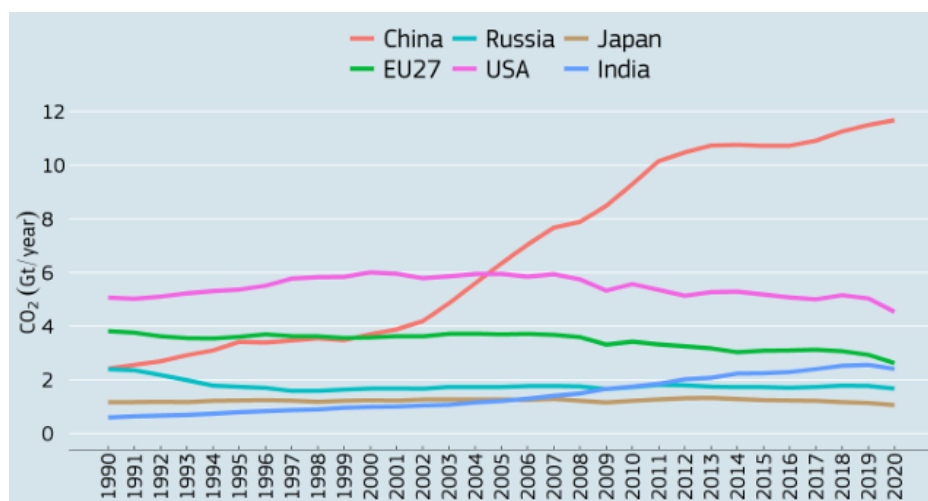


Figure 6 : émissions de CO₂ des principales économies émettrices de 1990 à 2020.[32]

Cependant, si l'on s'intéresse à l'accumulation des émissions depuis le milieu du XIXe siècle, ce sont les États-Unis et l'Europe qui portent la majeure part de la responsabilité dans le réchauffement climatique. Ils représentent respectivement 25 % et 22 % des émissions totales. La Chine, de son côté, n'a contribué qu'à hauteur de 11 %, chiffre qui a largement augmenté au cours des deux dernières décennies.[32]

Il convient aussi de prendre en compte les **émissions importées**. C'est-à-dire les émissions générées par la production de biens et services dans d'autres pays mais consommés localement. En les intégrant dans l'empreinte carbone des consommateurs, on remarque que les populations les plus riches ont une empreinte beaucoup plus élevée. Entre 1990 et 2015, les 10 % les plus riches (environ 630 millions de personnes) sont responsables de 52 % des émissions cumulées. Par ailleurs, les 1 % les plus riches émettent plus de 15 % des gaz à effet de serre, soit deux fois plus que la moitié la plus pauvre de la population mondiale. Ce déséquilibre montre à quel point les émissions sont étroitement liées aux niveaux de consommation. (Figure 7)[33]

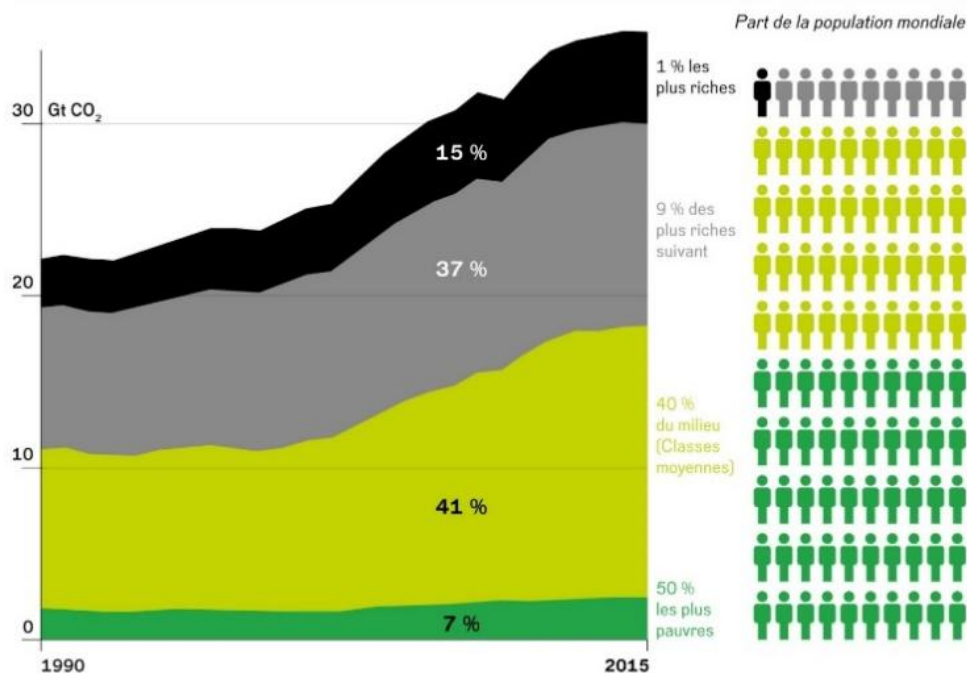


Figure 7 : émissions mondiales cumulées de CO₂ en fonction du niveau de richesse de 1990 à 2015. [33]

Finalement, face à ces constats, il est essentiel d'adopter des stratégies pour réintégrer les activités humaines dans des limites écologiques viables. La transition vers un modèle soutenable nécessitera des transformations profondes dans nos modes de production, de consommation et d'organisation sociale.

2. Zoom sur le dérèglement climatique

Le dérèglement climatique constitue la première frontière planétaire abordée dans cette thèse, en raison de son impact direct sur les chaînes de production, de transport et d'approvisionnement des médicaments, favorisant l'émergence de ruptures de stock.

C'est un phénomène global d'augmentation des températures moyennes à la surface de la Terre. Il est principalement causé par l'accumulation excessive des GES dans l'atmosphère. Ce phénomène perturbe l'équilibre thermique de la planète, entraînant des conséquences profondes et multiples sur les écosystèmes et les sociétés humaines.

a. L'effet de serre naturel et son renforcement par l'activité humaine

L'effet de serre est un processus naturel qui permet à la Terre de maintenir une température moyenne d'environ 14 °C au lieu de -18 °C en l'absence de celui-ci. Ce processus résulte de l'interaction entre l'énergie solaire et l'atmosphère terrestre. Le soleil envoie de l'énergie vers la Terre dont une partie est absorbée par sa surface, tandis qu'une autre est renvoyée vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge. Les GES, tels que le CO₂, le CH₄ et le protoxyde d'azote (N₂O), piègent une partie de ce rayonnement infrarouge, empêchant une grande quantité de chaleur de s'échapper dans l'espace. Ce phénomène permet de maintenir la chaleur nécessaire à la vie

(Figure 8). Toutefois, depuis le XIXe siècle, les activités humaines, notamment la combustion des énergies fossiles, l'industrialisation, la déforestation et l'agriculture intensive, ont entraîné une augmentation exponentielle des émissions de GES. Ils sont responsables d'une captation excessive de chaleur, ce qui entraîne un réchauffement accéléré de la planète. On appelle cela "effet de serre additionnel". Il constitue la cause principale du réchauffement climatique actuel.[34]

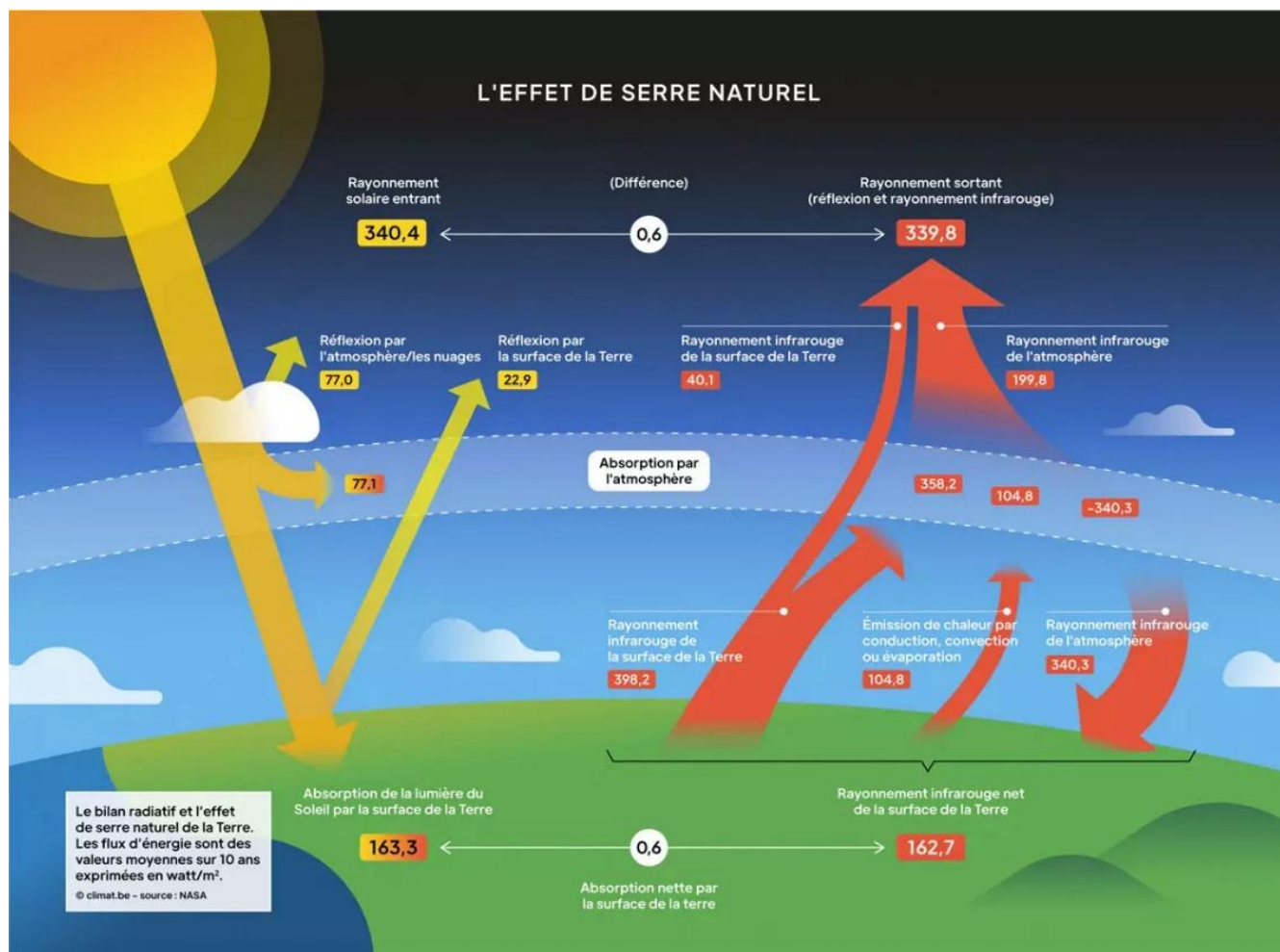


Figure 8 : Bilan radiatif et effet de serre naturel de la Terre. [35]

b. Les principaux gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère sont retrouvés en proportions différentes selon le type de gaz (Figure 9). On retrouve d'une part, ceux qui sont naturellement présents dans l'atmosphère mais dont la concentration peut être amplifiée par les activités humaines, comme la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O). D'autre part, ceux qui sont entièrement produits par l'homme, notamment certains gaz fluorés comme les CFC, le tétrafluorométhane (CF_4) et l'hexafluorure de soufre (SF_6).[36]

Parmi les principaux GES, on trouve :

- **Dioxyde de carbone (CO_2)** : Ce gaz provient principalement de la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) pour la production d'énergie, le transport et l'industrie. Il est aussi émis par la déforestation, car couper et brûler

les arbres libère le CO₂ qu'ils stockaient, tout en supprimant leur capacité à absorber ce gaz. Le CO₂ est le principal responsable de l'augmentation de l'effet de serre avec environ 75% des émissions. Il a un potentiel de réchauffement global (PRG) de 1.

- **Méthane (CH₄)** : Le méthane est émis par l'élevage principalement (digestion des ruminants), la gestion des déchets organiques, l'exploitation des énergies fossiles et certaines cultures (notamment du riz). Le méthane est responsable d'environ 16 % des émissions totales (en eq CO₂) liées aux activités humaines. Son PRG est environ 25 fois plus élevé que celui du CO₂ sur une période de 100 ans.
- **Protoxyde d'azote (N₂O)** : Produit principalement par l'agriculture (utilisation d'engrais azotés, déjections animales), il a un PRG d'environ 298 sur 100 ans, soit bien plus élevé que le CO₂. Le protoxyde d'azote est responsable d'environ 7 % des émissions totales (en eq CO₂) liées aux activités humaines.
- **Les gaz fluorés** : bien que présents en faibles quantités, ils représentent environ 2 % des émissions totales. Parmi eux, on retrouve :
 - **Les HFCs (les hydrofluorocarbures)**, utilisés dans les réfrigérateurs, climatiseurs et aérosols, au PRG très variable (de 12 à 14 800).
 - **Les PFCs (les perfluorocarbures)**, issus de la fabrication de l'aluminium et de certains réfrigérants, avec un PRG de 7 390 à 12 200.
 - **Le SF₆ (l'hexafluorure de soufre)**, utilisé dans l'industrie de l'aluminium et de l'électronique, au PRG extrêmement élevé, jusqu'à 23 500.

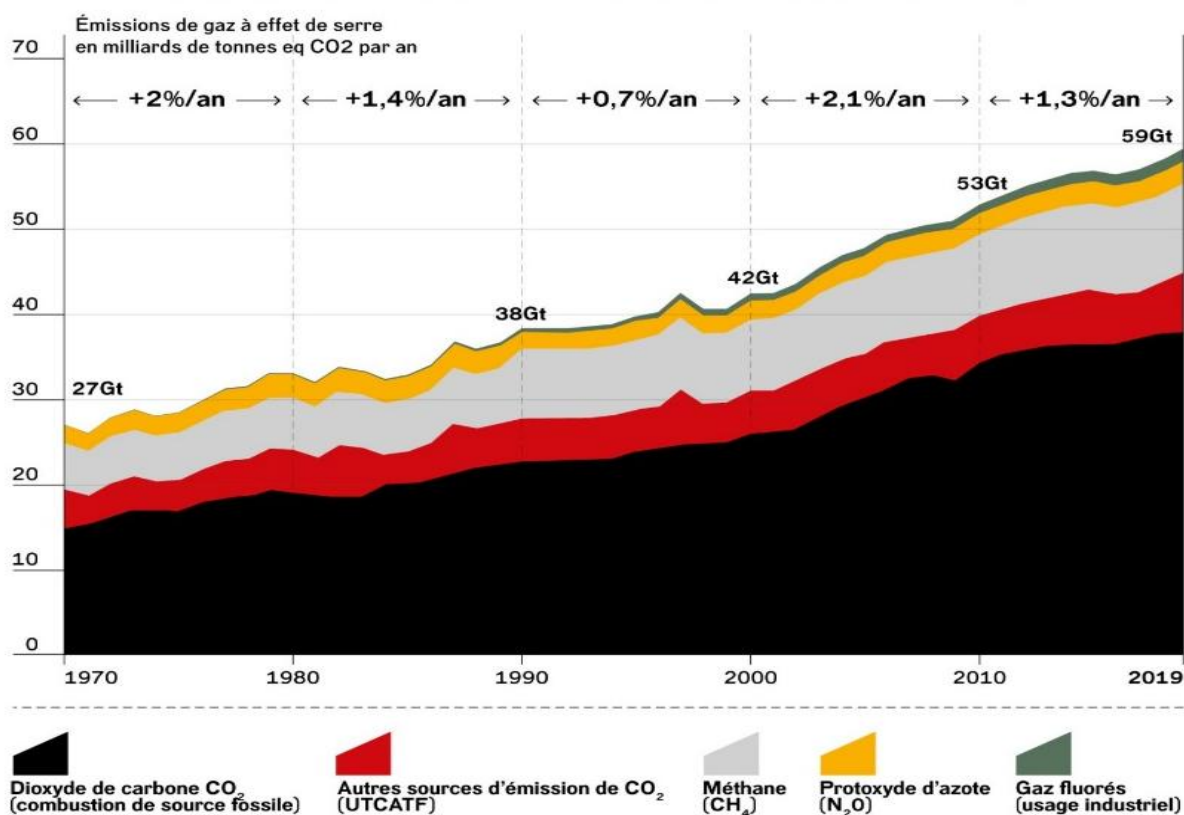


Figure 9 : Proportion des différents gaz à effet de serre d'origine humaine émis (en eq CO₂) de 1970 à 2019.[37]

c. Impact des activités humaines sur le climat

Le changement climatique est un défi majeur du XXI^e siècle. L'analyse des émissions de GES provenant des activités humaines, permet d'identifier les principaux secteurs responsables de cette crise environnementale. En 2019, les rejets de **GES à l'échelle mondiale** étaient répartis entre plusieurs domaines d'activité. Chacun contribuait de manière significative au réchauffement climatique.

i. Industrie (34% des émissions mondiales)

L'industrie génère environ un tiers des émissions mondiales de GES. Ce secteur regroupe non seulement la production de biens de consommation, mais aussi l'extraction de ressources naturelles, la construction et la gestion des déchets.[38]. En France, l'industrie constitue le troisième secteur émetteur de gaz à effet de serre, avec environ 17 % des émissions nationales en 2023.[6]

ii. Déforestation et agriculture (22% des émissions mondiales)

L'agriculture et la déforestation sont étroitement liées. La conversion des forêts en terres agricoles représentant entre 80% et 90% de la déforestation mondiale. Cette destruction entraîne la libération du carbone stocké dans les arbres, augmentant ainsi les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. L'agriculture contribue également aux émissions de GES par l'élevage (production de méthane par la rumination), l'usage d'engrais (émissions de protoxyde d'azote) et l'intensification des cultures.[39]

Des alternatives à l'agriculture conventionnelle existent, et l'agroécologie semble être une voie prometteuse. En conciliant respect des écosystèmes, savoirs paysans et performances agricoles, elle offre un modèle plus durable. En effet, un rapport de la FAO affirme qu'il serait possible de nourrir l'ensemble de la population mondiale grâce à ce type d'agriculture.[40]

iii. Utilisation des bâtiments (21% des émissions mondiales)

L'exploitation des bâtiments, notamment à travers le chauffage, la climatisation, l'éclairage et les équipements électroniques, représente une part significative des émissions mondiales. Contrairement à la construction, qui relève du secteur industriel, c'est l'utilisation quotidienne des bâtiments qui constitue un enjeu énergétique important. Essentielle pour réduire les pertes énergétiques, l'isolation thermique doit surtout concerner les bâtiments anciens. En effet, les nouvelles constructions sont déjà mieux réglementées.[38]

iv. Transports (15% des émissions mondiales)

Bien que le transport représente une part moins importante des émissions à l'échelle mondiale, son impact varie fortement selon les pays et les modes de vie. Dans les pays développés, le transport, et en particulier l'aviation, constitue un élément majeur de l'empreinte carbone individuelle. Ce secteur reste encore très dépendant des combustibles fossiles, alors même que la transition vers des véhicules électriques offre

une opportunité majeure de réduction des émissions[38]. Cependant, pour le secteur de l'aviation, cette transition semble compromise en raison des limites technologiques actuelles [41]. En France, le transport constitue par ailleurs le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre. Il représentait 34 % des émissions en 2023.[6]

d. Conséquences du réchauffement climatique

i. Événements extrêmes et dérèglement du cycle de l'eau

L'augmentation des températures entraîne une intensification des phénomènes météorologiques extrêmes qui interviennent de manière plus fréquente. On retrouve des vagues de chaleur, des incendies, des tempêtes et des inondations. Ces épisodes affectent directement la santé humaine en provoquant des épisodes de déshydratation, des accidents cardiovasculaires, des troubles respiratoires ou encore des décès prématurés, notamment chez les personnes âgées et vulnérables. En parallèle, le cycle de l'eau est profondément perturbé. L'évaporation accrue intensifie les précipitations dans certaines zones, alors que d'autres connaissent des sécheresses prolongées. Les crues submergent les terres agricoles et détruisent les infrastructures, tandis que les sécheresses affaiblissent la végétation et favorisent les incendies. Cette instabilité hydrique menace l'approvisionnement en eau douce et la sécurité alimentaire mondiale.[42]

ii. Montée du niveau des mers

Le réchauffement provoque la fonte progressive des glaciers et des calottes polaires. Depuis 1900, le niveau moyen des mers a augmenté d'environ 20 cm. Ce phénomène est dû principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte des glaciers continentaux. Si les glaciers terrestres disparaissaient, le niveau ne monterait que de quelques dizaines de centimètres. En revanche, la fonte des calottes du Groenland et de l'Antarctique pourrait entraîner une élévation de 7 à 58 mètres. [42]

Cette montée des eaux met en péril les ressources en eau potable, les écosystèmes d'eau douce, les infrastructures côtières et la sécurité des populations vivant en bord de mer.

iii. Érosion de la biodiversité terrestre et marine

Le changement climatique accentue la pression sur les écosystèmes déjà fragilisés par la pollution, la surexploitation des ressources, l'artificialisation des sols ou l'introduction d'espèces invasives. De nombreuses espèces doivent migrer vers des zones plus froides, mais toutes ne peuvent pas suivre le rythme du réchauffement. Certaines disparaissent, entraînant des déséquilibres dans les chaînes alimentaires.[43]

Dans les océans, l'acidification due à l'absorption de CO₂ perturbe les écosystèmes marins, notamment les récifs coralliens, essentiels à la vie marine. Le réchauffement des océans, qui absorbent environ 91 % de l'excès de chaleur, cause également le blanchissement des coraux, modifie les courants marins, affaiblit la biodiversité marine, et intensifie les cyclones tropicaux.[44]

iv. Perte de récoltes et aggravation de la pauvreté

Le réchauffement réduit la productivité agricole dans certaines régions du monde, particulièrement les zones déjà vulnérables. Les cultures sont exposées à la chaleur, au stress hydrique, aux sols appauvris et aux phénomènes extrêmes. Bien que le CO₂ atmosphérique puisse théoriquement favoriser la croissance végétale (effet de "fertilisation"), cela ne compense pas la baisse de qualité nutritionnelle des aliments et les pertes de rendement.[45]

Les inondations, les sécheresses, l'épuisement des ressources en eau et la salinisation des sols aggravent encore cette insécurité alimentaire. Ces impacts touchent en priorité les populations les plus pauvres, ce qui aggrave les inégalités sociales.[42]

v. Migrations et conflits géopolitiques

Les dérèglements climatiques entraînent des déplacements massifs de population. Certaines zones deviennent inhabitables à cause de la chaleur, de la montée des eaux ou de la perte de ressources vitales. Les catastrophes climatiques forcent des millions de personnes à quitter leur foyer chaque année.[46] Ces migrations créent ou accentuent des tensions géopolitiques et alimentent les conflits pour l'accès à l'eau, à la terre ou à la nourriture. Ces situations engendrent des crises humanitaires de grande ampleur, avec des effets directs sur la stabilité mondiale.[46]

vi. Boucles de rétroaction climatique

Le changement climatique déclenche des mécanismes qui, à leur tour, renforcent le réchauffement. Le dégel du permafrost, par exemple, libère d'énormes quantités de CO₂ et de méthane (GES beaucoup plus puissant), stockés dans ces sols qui étaient jusque-là gelés en permanence. Cette libération accélère davantage le dérèglement climatique. [42]

Par ailleurs, les puits de carbone naturels tels que les forêts et les océans qui absorbent chaque année environ la moitié des émissions humaines, sont de plus en plus fragilisés. Les sécheresses, les incendies et l'acidification réduisent leur capacité d'absorption. Si ces puits venaient à être saturés, une part croissante du CO₂ rejeté resterait dans l'atmosphère. Cela intensifierait encore l'effet de serre.[42]

Enfin, la fonte de la banquise, bien que n'ayant pas d'impact direct sur le niveau des mers (car il s'agit de glace flottante), amplifie le réchauffement global par un phénomène appelé effet d'albédo. L'albédo représente la capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement solaire. En effet, la glace étant très claire, elle possède un albédo élevé et renvoie une grande partie de la lumière du soleil. En revanche, l'eau sombre des océans a un albédo faible et absorbe davantage de chaleur. Ainsi, à mesure que la banquise fond, la surface réfléchissante diminue, la surface absorbante augmente, ce qui accélère le réchauffement. Ce cercle vicieux aggrave les perturbations des écosystèmes marins qui dépendent de la banquise, comme les ours polaires, les phoques ou le phytoplancton.[47]

e. Limitation du réchauffement climatique : atténuation et adaptation

Face à l'urgence climatique, la communauté internationale s'était engagée, à travers l'Accord de Paris, à contenir le réchauffement en dessous de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle, avec un objectif idéal de 1,5 °C (déjà dépassé). Pour atteindre cette cible, il est primordial de réduire les émissions de gaz à effet de serre en organisant la sortie des énergies fossiles et en renforçant les puits de carbone, notamment par la reforestation. En parallèle, l'adaptation est indispensable pour faire face aux impacts inévitables du changement climatique. Il semble urgent de repenser l'aménagement des territoires, de consolider les infrastructures et de protéger les populations les plus vulnérables.[34]

Pour conclure, le réchauffement climatique bouleverse profondément l'équilibre de la planète. Chaque impact, qu'il soit climatique, écologique, sanitaire ou géopolitique, est interconnecté avec les autres. Tout cela crée une dynamique complexe et auto-renforcée. Sans action immédiate et globale, ces dérèglements risquent de devenir irréversibles et de compromettre les conditions de vie des générations futures.

3. Zoom sur l'érosion de la biodiversité

L'érosion de la biodiversité est la seconde frontière planétaire étudiée dans cette thèse. Elle a un rôle central dans la disponibilité des matières premières naturelles ainsi qu'un impact dans l'augmentation de maladies et événements climatiques extrêmes, contribuant indirectement aux tensions et aux ruptures d'approvisionnement médicamenteux.

a. La biodiversité : une richesse essentielle en péril

La biodiversité représente l'ensemble des formes de vie sur Terre et les interactions qui les unissent. Elle se décline en trois niveaux : la diversité des écosystèmes, celle des espèces et celle des gènes au sein d'une même espèce. Depuis 4 milliards d'années, cette diversité a permis l'évolution des écosystèmes et la pérennité du vivant.[48]

Cependant, la biodiversité traverse aujourd'hui une crise sans précédent. De nombreux scientifiques considèrent que nous sommes entrés dans une sixième extinction de masse, liée aux activités humaines. L'urbanisation, l'agriculture intensive, la pollution, le changement climatique et l'introduction d'espèces invasives exercent une pression considérable sur les écosystèmes et compromettent les services qu'ils rendent à l'humanité.(Figure 10)[48]

Près d'un million d'espèces, sur un total estimé à 8 millions, pourraient disparaître dans les prochaines décennies. Par ailleurs, l'activité humaine a déjà gravement altéré 75 % des milieux terrestres et 66 % des écosystèmes marins[49]. De plus, plus de 85 % des zones humides présentes au 18e siècle ont disparu, ce qui affecte directement les services écosystémiques vitaux pour l'humanité. Enfin, près de 47 % des écosystèmes terrestres naturels ont été considérablement réduits, ce qui accentue la pression sur les habitats et les espèces qui en dépendent.[49]

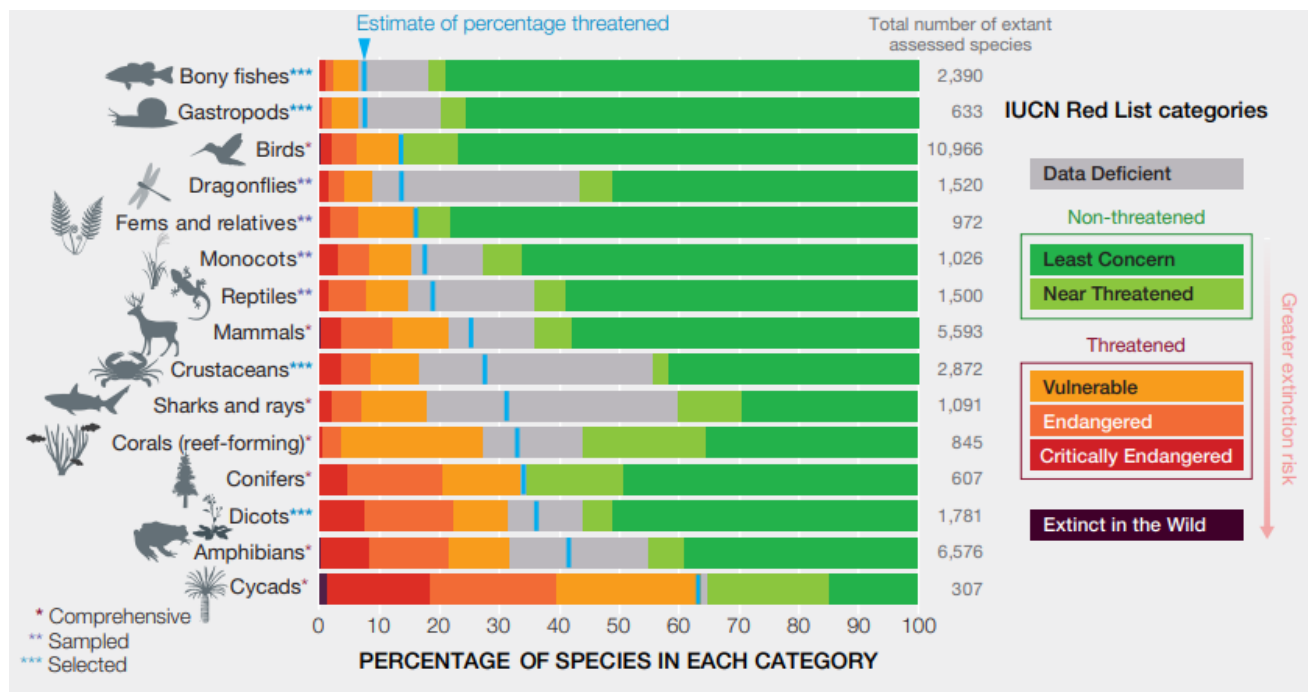


Figure 10 : Estimation du pourcentage d'espèces menacées d'extinction dans différents groupes taxonomiques, sur la base des évaluations de la Liste rouge de l'IUCN menées entre 2000 et 2018.[50]

Ce graphique illustre la répartition des espèces de chaque groupe selon leur niveau de risque d'extinction (vulnérable, en danger, en danger critique, etc.). La ligne bleue verticale correspond à la meilleure estimation du pourcentage d'espèces menacées. On suppose que les espèces pour lesquelles les données sont insuffisantes sont menacées dans les mêmes proportions que les autres. Selon les groupes, les données proviennent d'évaluations complètes, d'échantillons représentatifs ou de sous-ensembles choisis.

La perte de biodiversité entraîne une diminution de la diversité génétique au sein des espèces et réduit leur capacité d'adaptation face aux changements environnementaux. Cette fragilité accrue peut favoriser des extinctions successives et compromettre la stabilité des écosystèmes.[39]

b. Les causes principales de l'érosion de la biodiversité

i. Les pollutions multiples

Les pollutions chimiques (pesticides, métaux lourds), plastiques (9 millions de tonnes de plastique déversées dans les océans chaque année) et lumineuses perturbent gravement les écosystèmes [49]. On note une diminution de la pollution des cours d'eau par les macropolluants issus des effluents domestiques, agricoles et d'élevage en France depuis 2010. Cependant, les ventes de produits phytosanitaires à usage agricole ont augmenté de 14 % entre 2009-2011 et 2018-2020, en dépit d'un objectif de réduction de moitié. Ces substances contaminent les sols et les milieux aquatiques et mettent en péril les pollinisateurs ainsi que la faune aquatique. Dans les rivières françaises, les micropolluants issus de l'industrie et de l'agriculture persistent malgré des objectifs de réduction.[51]

ii. La destruction et la fragmentation des habitats

L'expansion des infrastructures qui engendre la déforestation et l'artificialisation des terres fragmentent les écosystèmes et isolent les espèces, réduisant leur capacité à survivre. L'exploitation intensive des terres agricoles et forestières accentue cette destruction. En France, l'artificialisation des sols progresse à un rythme supérieur à la croissance démographique. En 2023, on recense en moyenne un obstacle à l'écoulement tous les 4 kilomètres de cours d'eau en métropole [51]. La surface brûlée et le nombre de départs de feu connaissent d'importantes variations d'une année à l'autre. Les années 1989, 1991 et 2003 se démarquent particulièrement, avec plus de 70 000 hectares ravagés par les flammes. Plus récemment, l'année 2022 a été fortement marquée, avec 62 000 hectares de forêts et 10 000 hectares d'autres types de végétation détruits par les incendies. Ce phénomène ne se limite pas aux territoires européens. En effet, à l'échelle mondiale, l'Amazonie constitue un exemple emblématique, où la déforestation liée à l'agriculture intensive, à l'élevage et à l'expansion des infrastructures entraîne une perte massive de biodiversité et une fragmentation rapide des habitats.[52]

iii. La surexploitation des ressources naturelles

L'extraction excessive des ressources menace leur renouvellement. La surpêche, la coupe intensive des forêts, l'extraction minière et l'exploitation des sols épuisent les écosystèmes. A titre d'exemple, 41 % des stocks de poissons restent surexploités dans les eaux françaises. Le chalutage, technique de pêche dominante, endommage gravement les fonds marins et capture accidentellement des espèces protégées, comme les dauphins du golfe de Gascogne.[51]

iv. Le changement climatique

Le réchauffement climatique modifie les cycles biologiques des espèces. La hausse des températures entraîne des migrations forcées, une modification des périodes de reproduction et une hausse des événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes) [49]. En France, les oiseaux migrateurs arrivent en moyenne 4,7 jours plus tôt qu'en 1986, signe d'un dérèglement écologique rapide.[51]

v. Les espèces exotiques envahissantes

Introduites volontairement ou accidentellement, ces espèces entrent en compétition avec les espèces locales, perturbent les écosystèmes et peuvent propager des maladies. En France, chaque département compte en moyenne 14 nouvelles espèces invasives en 2022 par rapport à 2013 [48]. Dans les milieux humides, 86 % des sites suivis abritent au moins une espèce invasive, contribuant à la dégradation de ces habitats déjà menacés par le changement climatique.[51]

c. Les conséquences de l'érosion de la biodiversité

i. La perte des services écosystémiques

La biodiversité fournit des services indispensables à la vie sur terre. Elle permet la pollinisation des cultures, la purification de l'eau, le stockage du carbone et la régulation du climat. La disparition des insectes pollinisateurs met en péril 75 % des cultures alimentaires mondiales. De même, la destruction des forêts accélère l'érosion des sols et réduit la capacité de stockage du CO₂, ce qui accélère le changement climatique.[39]

ii. Un risque accru pour la santé humaine

La destruction des écosystèmes favorise l'émergence de nouvelles maladies. La proximité croissante entre l'homme et la faune sauvage augmente les risques de zoonoses, comme Ebola par exemple. Par ailleurs, la diminution de la diversité alimentaire s'accompagne d'une perte progressive des plantes médicinales, pourtant utilisées dans 25 à 50 % des médicaments (jusque 70 % dans la population mondiale et en particulier les pays en développement).[49]

iii. Des catastrophes naturelles plus fréquentes

La disparition des mangroves et des forêts côtières augmente l'exposition des populations aux tempêtes et aux tsunamis. La déforestation et l'assèchement des zones humides aggravent les risques d'inondations et de sécheresses, menaçant les ressources en eau potable.[49]

iv. Un effondrement économique et social

Les activités humaines dépendent directement des ressources naturelles. En effet, la surexploitation des sols menace la productivité agricole. De plus, l'appauvrissement des stocks de poissons et de plantes comestibles fragilise la sécurité alimentaire de nombreuses populations. À l'échelle mondiale, la destruction de la biodiversité pourrait entraîner une baisse de 10 % du PIB d'ici 2050.[49]

d. Les leviers pour enrayer l'érosion de la biodiversité

Pour préserver la biodiversité, une transformation globale de nos modèles économiques et de nos modes de vie est nécessaire.

Intégrer la biodiversité dans l'économie est une première étape essentielle. Il s'agit d'encourager des politiques fiscales favorisant la protection des écosystèmes, d'éliminer les subventions néfastes, telles que celles qui encouragent la déforestation, et de promouvoir une économie circulaire qui limite l'exploitation des ressources naturelles.[49]

Réduire notre empreinte écologique passe par des actions concrètes, comme la diminution de la consommation de viande, la lutte contre le gaspillage alimentaire et l'adoption des énergies renouvelables (IPBES, 2019). L'agriculture doit également évoluer vers des pratiques plus durables, à l'image de l'agroécologie, qui représente une alternative viable à l'agriculture intensive.[40]

Restaurer les écosystèmes dégradés est une priorité pour garantir la résilience des milieux naturels. L'extension des aires protégées, la reforestation et la réhabilitation de zones humides ou des récifs coralliens permettent de préserver les services écosystémiques essentiels à la vie sur Terre.[49]

Mieux réguler l'exploitation des ressources contribue à limiter l'érosion de la biodiversité. L'instauration de quotas et de techniques de pêche sélectives réduit la surpêche, tandis qu'une gestion durable des forêts assure leur régénération tout en conservant leur rôle écologique.[49]

Enfin, renforcer la coopération internationale est indispensable pour une action efficace. Les accords internationaux, tels que la Convention sur la diversité biologique, doivent être consolidés et mieux appliqués. L'implication des communautés locales est également essentielle, car elles jouent un rôle clé dans la préservation des écosystèmes et la mise en place de solutions durables.[49]

Le dérèglement climatique et l'érosion de la biodiversité influencent déjà la santé publique et l'accès aux traitements. Il est donc essentiel d'analyser comment ces changements affectent concrètement les pharmacies d'officine, situées à l'interface entre patients et système de soins. Leur rôle, à la fois sanitaire et sociétal, consiste à assurer la continuité des traitements tout en intégrant une démarche de durabilité face à la crise écologique.

CHAPITRE III : Enjeux pour les pharmaciens d'officine

1. Lien entre santé et environnement

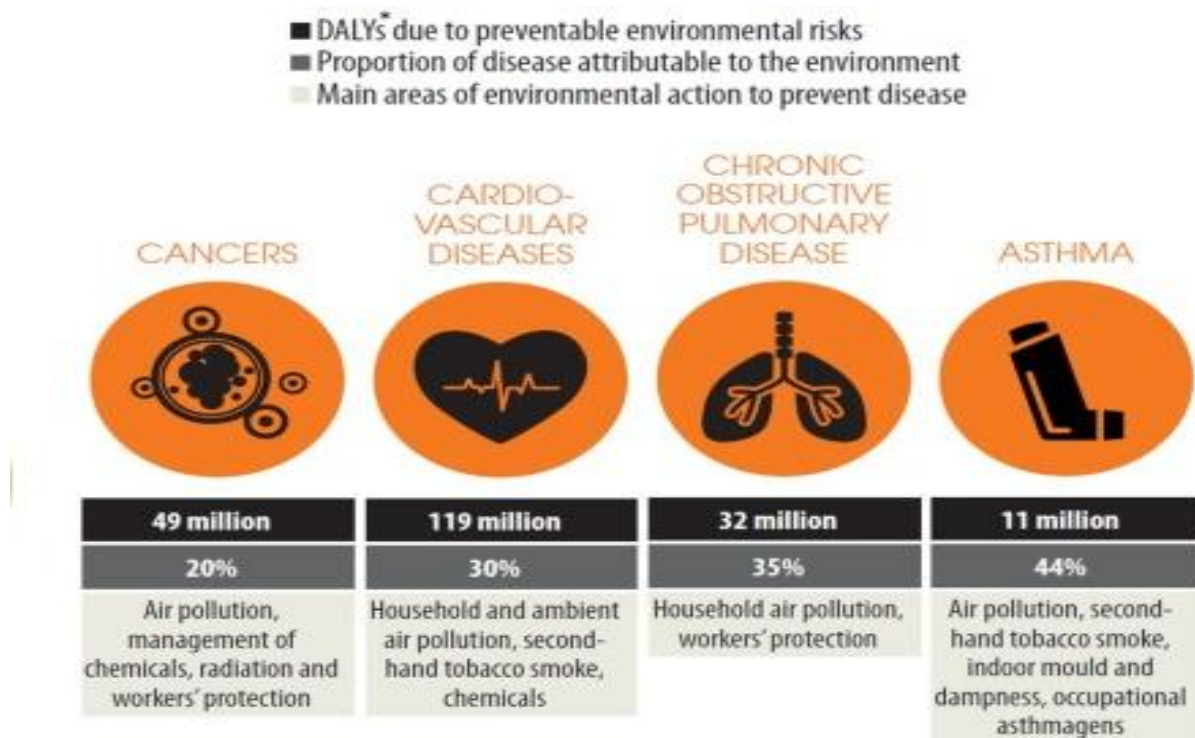
a. Définition et enjeux de la santé-environnement

Le lien entre environnement et santé humaine a été officiellement reconnu en 1994 lors de la Conférence d'Helsinki. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la santé-environnement comme l'ensemble des interactions entre l'environnement au sens large (air, eau, sols, climat, *etc.*) et la santé des populations. Un environnement sain est reconnu comme une ressource essentielle au bien-être et à la santé humaine. Sa dégradation peut favoriser l'apparition de nombreuses pathologies, comme les cancers, les maladies cardiovasculaires ou les affections respiratoires. [53]

Le domaine de la santé-environnement représente une préoccupation croissante, face à l'émergence de risques liés aux contaminants biologiques, chimiques ou physiques. Le changement climatique y contribue de manière marquée, en multipliant les épisodes de canicule, de sécheresse, d'inondations, mais aussi en favorisant la prolifération d'espèces nuisibles pour la santé.[53]

b. Impacts sanitaires des dégradations environnementales

Selon l'OMS environ 23 % des décès prématurés dans le monde en 2012, soit 12,6 millions de personnes, étaient attribuables à des causes environnementales. Ces décès sont principalement dus à des maladies non transmissibles telles que les accidents vasculaires cérébraux, les cardiopathies, les cancers et les affections respiratoires chroniques.(Figure 11)[54]



*Disability-Adjusted Life Years, a combined measure of years of life due to mortality and years of life lived with disability

Figure 11 : Part des maladies chroniques (cancers, maladies cardiovasculaires, BPCO et asthme) attribuables à l'environnement dans le monde en 2012. [55]

La pollution de l'air représente la première cause de mortalité environnementale, avec jusqu'à 40 000 décès prématurés par an en France, contre environ 48 000 dans les années 2010. Cette diminution est liée à l'amélioration progressive de la qualité de l'air [56]. De plus, cette pollution de l'air est responsable de près de 238 000 décès chaque année en Europe [57]. Elle touche particulièrement les populations vivant en zones urbaines à faibles revenus, mais affecte aussi les zones rurales[58]. À Lille, par exemple, près de six mois d'espérance de vie pourraient être gagnés si les seuils recommandés de particules fines étaient respectés.[55]

D'autres sources d'exposition importantes incluent la pollution des sols (environ 250 000 sites contaminés en Europe), la qualité de l'air intérieur (liée aux matériaux de construction, aux appareils de chauffage ou aux produits ménagers), l'exposition au gaz radon, et les résidus de pesticides dans l'eau.[58]

La géographie joue également un rôle crucial. Habiter près d'axes routiers très fréquentés, souvent le cas des classes populaires, pourrait être responsable de 15 à 30 % des nouveaux cas d'asthme chez l'enfant, et de nombreuses pathologies chroniques chez les personnes âgées.[55]

c. Une compréhension complexe des interactions : vers l'approche « exposome » et « One Health »

L'évaluation des impacts environnementaux sur la santé est souvent difficile, en raison de la diversité des expositions (environnement, mode de vie, activité professionnelle) et de la variabilité individuelle (facteurs génétiques, temps de latence, co-expositions).

Pour mieux comprendre ces liens complexes, les recherches s'appuient désormais sur le concept d'exposome, introduit par Christopher Wild [59], qui regroupe :

- L'exposome interne : marqueurs biologiques, métabolites, inflammation ;
- L'exposome externe spécifique : polluants, agents infectieux, mode de vie ;
- L'exposome externe général : conditions sociales, économiques et environnement de vie.

Par ailleurs, l'approche « Une seule santé » (One Health) met en lumière les interactions entre santé humaine, santé animale et écosystèmes. Plus de 60 % des maladies infectieuses émergentes proviennent d'animaux, souvent favorisées par l'intensification de l'agriculture, la fragmentation des habitats, le commerce d'animaux vivants ou encore le changement climatique. Cette approche intégrée doit être au cœur des stratégies internationales pour anticiper les pandémies et protéger la santé globale.[60]

d. Politiques publiques et perspectives : le Plan National Santé-Environnement

La France commence à intégrer les enjeux de santé-environnement, comme en témoigne le Plan National Santé-Environnement (PNSE), même si leur place reste encore marginale dans les politiques de santé publique. Le PNSE 4, publié en 2021, repose sur quatre axes [58] :

- Informer et former les citoyens et les professionnels ;
- Réduire les expositions environnementales impactant la santé ;
- Multiplier les actions concrètes dans les territoires ;
- Mieux connaître les expositions et leurs effets via la recherche.

Ce plan s'inscrit dans une démarche « One Health », en lien avec l'Europe, pour une santé humaine, animale et environnementale plus résiliente.

Enfin, le concept de co-bénéfice apporte une perspective positive. En effet, certaines mesures environnementales peuvent produire des effets immédiats sur la santé (réduction de la pollution, développement des mobilités douces, végétalisation urbaine, *etc.*). Mettre en avant ces bénéfices visibles peut motiver les acteurs à agir, tout en dépassant les freins économiques ou politiques à court terme.[61]

2. Dualité du secteur pharmaceutique : entre protection de la santé et impact climatique

Le secteur de la santé, bien qu'indispensable à la protection de la vie humaine, engendre des impacts environnementaux qui contribuent à aggraver les crises sanitaires futures. À travers la consommation d'énergie des établissements de santé, les transports, la production et l'utilisation des médicaments, ce secteur participe activement au réchauffement climatique et à la pollution des milieux naturels. Cette contradiction fondamentale, soigner l'humain tout en détériorant la planète, devient aujourd'hui un enjeu de société que certains professionnels de santé commencent à remettre en question.[62]

a. Une empreinte carbone considérable

Selon The Shift Project², le secteur de la santé représente à lui seul 6 à 8 % de l'empreinte carbone nationale, soit environ 49 millions de tonnes équivalent CO₂ par an. Ce chiffre dépasse même 8 % selon certaines estimations récentes, ce qui fait du secteur un contributeur important aux émissions françaises. Si l'on élargit l'analyse à l'échelle mondiale, Health Care Without Harm³ estime que le secteur de la santé émet 4,4 % des émissions globales. Si ce secteur était un pays, il serait le cinquième plus gros émetteur mondial.[63]

Le poste le plus émetteur est celui des achats de médicaments et de dispositifs médicaux, qui comptent pour 30 à 50 % de l'empreinte carbone du secteur. Dans le secteur de la santé, les émissions directes, dites de scope 1, (chauffage, gaz médicaux...) et les émissions indirectes liées à la consommation énergétique, dites de scope 2, (électricité, eau chaude...) ne représentent respectivement que 10 % et 3 % du total[62]. Ces données soulignent l'importance des émissions indirectes, dites de scope 3, qui regroupent notamment la fabrication, le conditionnement, le transport, l'utilisation et la destruction des médicaments, ainsi que la promotion commerciale[64]. Ce scope 3 représente plus de 87 % des émissions du secteur de la santé. (Figure 12)[62]

² The Shift Project est un think tank français qui promeut la transition vers une économie bas-carbone, en proposant des solutions pour réduire l'empreinte énergétique et lutter contre le changement climatique.

³ Health Care Without Harm est une organisation internationale qui vise à rendre le secteur de la santé plus écologique et durable, en réduisant son impact environnemental tout en protégeant la santé des populations.

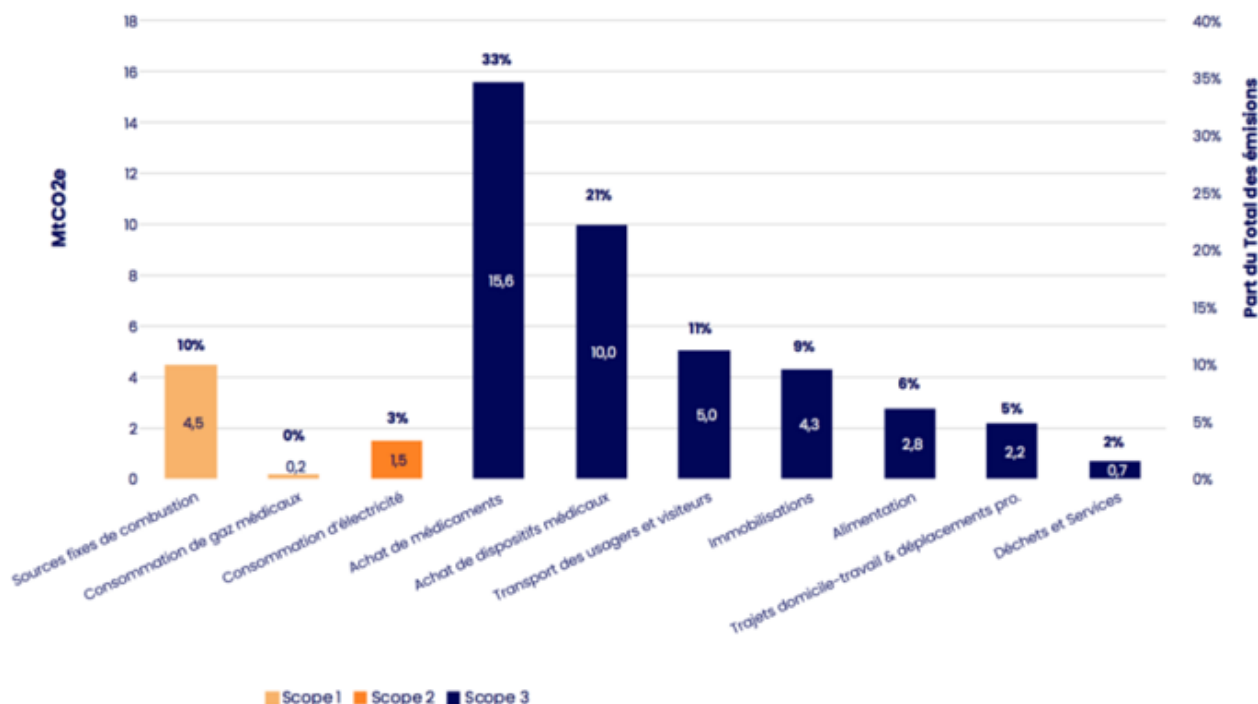


Figure 12 : répartition des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la santé (MtCO2e) par périmètres (scopes) [63]

b. Des impacts écologiques multiples au-delà du carbone

Au-delà des émissions de gaz à effet de serre, la pollution des milieux aquatiques et terrestres constitue une autre facette préoccupante de l'impact du secteur pharmaceutique. Une fois consommées, les substances actives médicamenteuses ne sont que partiellement métabolisées et sont excrétées via les urines ou les selles. Les stations d'épuration actuelles, conçues principalement pour éliminer les nutriments biodégradables, ne parviennent pas à filtrer efficacement les micropolluants. Ces derniers se retrouvent ainsi dans les rivières, les lacs et parfois dans les eaux destinées à la consommation humaine. En effet, 80% des eaux usées mondiales sont rejetées sans traitement [65]. Ces résidus ont des effets néfastes sur la faune aquatique, perturbent les écosystèmes et favorisent le développement de résistances aux antimicrobiens (RAM).[66]

c. Une dépendance structurelle aux énergies fossiles et aux flux mondialisés

Le secteur de la santé repose sur une logistique internationale complexe, très dépendante du pétrole pour le transport des matières premières et des produits finis. Cela le rend particulièrement vulnérable aux chocs énergétiques et géopolitiques. Il entretient également des liens indirects avec d'autres secteurs très émetteurs, notamment l'agriculture (via l'alimentation dans les hôpitaux) ou l'énergie (chauffage, climatisation, équipements numériques...).[63]

Pour conclure, ce constat met en lumière l'urgence de repenser la manière de soigner, en réduisant l'empreinte environnementale du système de santé sans compromettre la qualité des soins. Cela implique une meilleure connaissance des sources

d'émissions (grâce aux bilans GES), une réorganisation des circuits de production et de distribution, et une remise en question du modèle actuel de surconsommation médicale et médicamenteuse. C'est seulement de cette manière que le soin pourra redevenir un acte durable, cohérent avec la protection de la santé humaine et de la planète.

3. L'écoresponsabilité au service d'une santé plus durable

La crise sanitaire a ravivé l'intérêt pour les questions environnementales, mais l'inflation a freiné cet engouement, faisant reculer les préoccupations écologiques chez une partie de la population. Par ailleurs, l'engagement écologique des pharmaciens ne devrait pas reposer uniquement sur une logique de réponse à la demande des consommateurs, mais sur une conscience professionnelle plus profonde. En tant qu'acteurs de santé de proximité et par leur formation, ils devraient pouvoir anticiper les impacts du dérèglement climatique sur la santé publique et adapter leurs pratiques en conséquence. Et, avant tout, agir pour limiter les atteintes à l'environnement, afin de protéger la santé des patients et préserver les conditions d'exercice.

L'écoresponsabilité désigne l'ensemble des pratiques visant à réduire l'impact environnemental des activités quotidiennes, en modifiant les modes de consommation, de production et d'organisation. Dans le domaine pharmaceutique, cela implique aussi bien des gestes simples comme l'extinction des lumières ou la réduction des emballages que des changements structurels plus profonds.[67]

Le pharmacien, en tant qu'acteur de proximité et professionnel de santé de confiance, joue un rôle clé dans cette transition. Une enquête de Wellpharma révèle que 94 % des consommateurs considèrent le pharmacien comme légitime pour les conseiller sur leurs achats écoresponsables, tandis que 82 % se disent attentifs à la composition et aux effets environnementaux des produits qu'ils consomment. La demande croissante pour les cosmétiques bio, les produits naturels ou les médecines alternatives en est une illustration concrète.[68]

Au-delà de l'offre, les pharmaciens adoptent de plus en plus les gestes écoresponsables de base dans leur officine. D'après une enquête menée par l'UNPF et GERS Data, cela se traduit notamment par l'extinction systématique des appareils électriques (98 %), la réduction des sacs et emballages (91 %) ou encore l'information des patients sur les filières de tri comme Cyclamed ou DASRI (98 %). Ces mesures s'inscrivent dans une logique de sobriété énergétique et de prévention des déchets, mais l'approvisionnement des officines en médicaments et dispositifs médicaux reste la priorité à améliorer collectivement.[69]

L'écoresponsabilité dans le domaine de la santé vise à réduire l'empreinte carbone du secteur, à limiter la pollution environnementale et à renforcer la pérennité de notre système de soins. Comme évoqué précédemment, l'achat de médicaments et de dispositifs médicaux représente à lui seul près de 50 % de l'empreinte carbone du secteur de la santé [70]. Ce chiffre souligne la nécessité de repenser l'usage des traitements, ainsi que leur mode de production et de distribution. En tant qu'experts du médicament, les pharmaciens ont une responsabilité professionnelle à jouer un rôle moteur dans cette évolution, notamment en optimisant les prescriptions, en sensibilisant les médecins et les patients aux alternatives plus durables, mais aussi en interpellant leurs fournisseurs sur leurs pratiques environnementales, voire en

changeant de fournisseurs lorsque ceux-ci ne s'inscrivent pas dans une démarche responsable.[71]

Cette évolution ne peut reposer uniquement sur les officines. L'industrie pharmaceutique, s'est engagée à réduire de 50 % ses émissions de CO₂ directes d'ici 2030 (scopes 1 et 2), et de 25 % pour les émissions indirectes (scope 3). Ces engagements s'inscrivent dans une stratégie RSE plus large, intitulée PACTES, dirigée par le Leem (organisation professionnelle des entreprises du médicament opérant en France). Ce plan vise à accompagner l'ensemble de la filière vers une transformation écologique, tout en assurant la sécurité et l'accessibilité des traitements pour les patients.[72]

La transition vers une santé plus durable implique également la formation continue des professionnels. Des dispositifs comme le DPC (Développement Professionnel Continu) intègrent aujourd'hui des thématiques liées au développement durable, mais l'offre reste encore limitée. Cependant, certaines formations universitaires spécialisées commencent à émerger, comme les DU « Développement durable en santé » (Sorbonne), « Management du développement durable en santé » (Université de Montpellier), et depuis l'an dernier le DU TESS (Transformation Écologique du Système de Santé) à Lille. Des modules sur le changement climatique sont également proposés à l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP). Ces initiatives mériteraient d'être généralisées pour favoriser une amélioration des compétences globale.[63]

Enfin, bien que certaines mesures comme les économies d'énergie, l'information des patients ou la réduction du gaspillage sont parfois mises en place, leur application varie selon les officines. Faute de données précises, il est difficile de déterminer la part précise d'officines concernées. L'écoresponsabilité à l'officine reste une piste à développer pour renforcer le rôle du pharmacien dans une santé plus durable.

Après avoir examiné les tensions d'approvisionnement et les enjeux pour les pharmaciens d'officine dans un contexte de crise écologique, il est nécessaire de s'intéresser au problème à l'échelle mondiale. Il s'agit d'analyser les causes de ces tensions et de comprendre comment les dérèglements environnementaux et climatiques peuvent impacter la production et la distribution des médicaments à travers le monde.

Partie II : Tensions d'approvisionnement en médicaments potentiellement liées aux dérèglements environnementaux dans le monde

Avant d'aborder les causes potentielles des tensions d'approvisionnement en médicaments, il est important de rappeler que cette problématique est évolutive et fortement influencée par le contexte local. Les situations varient d'une région à l'autre, en France comme à l'échelle mondiale, en fonction des vulnérabilités climatiques, des infrastructures de santé, de la dépendance aux importations ou encore de la stabilité géopolitique. Ainsi, les éléments développés dans cette partie ne constituent pas une généralisation applicable partout, mais plutôt un panorama des facteurs environnementaux susceptibles de provoquer ou d'accentuer des tensions d'approvisionnement, en France comme ailleurs.

Dans cette deuxième partie, nous verrons comment le secteur pharmaceutique, et en particulier les officines, vont probablement devoir s'adapter à une situation de plus en plus fréquente. En effet, nous nous intéresserons à la disponibilité réduite des médicaments, dans un contexte où les besoins en santé ont tendance à augmenter. Cette tension croissante entre l'offre et la demande pousse à repenser nos façons de prescrire, de dispenser et de gérer les ressources pharmaceutiques, en s'orientant vers des pratiques plus résilientes et durables.

CHAPITRE I : Raréfaction des ressources et détérioration des médicaments

Parmi les ressources stratégiques indispensables aux chaînes de production industrielle, certaines viennent à se raréfier. C'est le cas de l'eau douce ou du pétrole, dont l'accès pourrait devenir plus limité à cause du dérèglement climatique et/ou de tensions géopolitiques. Bien que cette raréfaction puisse à terme affecter le secteur pharmaceutique, notamment via la pétrochimie, ces impacts concerneront probablement d'abord d'autres secteurs industriels avant de toucher directement l'officine. Ils ne seront donc pas développés dans ce chapitre.

1. Raréfaction des plantes médicinales

a. La biodiversité comme source de composants médicinaux naturels

Depuis l'Antiquité, l'humanité s'appuie sur la nature pour soulager, soigner et prévenir les maladies. Les plantes, les micro-organismes et autres êtres vivants sont à l'origine d'une part importante des traitements modernes. On estime qu'environ 26 000 espèces de plantes vasculaires ont été utilisées à des fins médicinales dans le monde. Plus de trois quarts des médicaments proviennent directement de composés naturels présents dans la nature, ou ont été découverts grâce aux savoirs traditionnels et aux produits naturels [73]. Certains domaines thérapeutiques, comme l'oncologie, en dépendent fortement. On considère que plus de 70 % des traitements anticancéreux dérivent de molécules naturelles.[74]

Cette richesse biologique représente une source de substances avec des mécanismes d'action variés, parfois synergiques, et complexes. Les anticancéreux d'origine naturelle peuvent agir selon plusieurs mécanismes. Ils réduisent la prolifération cellulaire, induisent l'apoptose, l'autophagie ou encore la nécrose, et peuvent supprimer les mécanismes de résistance des cellules cancéreuses à ces substances. Leur diversité structurale représente un bénéfice important en pharmacologie.[75]

La biodiversité constitue une source encore sous-exploitée pour la santé humaine. Environ 50 000 espèces sauvages sont utilisées dans le monde, notamment pour l'alimentation, l'énergie, les matériaux et la médecine. Ces ressources jouent un rôle majeur, puisqu'elles contribuent au bien-être de milliards de personnes à travers la planète. Les pharmacopées traditionnelles, particulièrement dans les pays en développement, utilisent ces espèces sauvages mais leur usage progresse également dans les pays industrialisés. Pourtant, la recherche n'a exploré qu'une faible part de cette biodiversité, ce qui laisse espérer beaucoup de découvertes potentielles. [76]

b. Une ressource vitale menacée

Cependant, cette richesse thérapeutique est aujourd'hui gravement menacée. Le changement climatique, combiné à la perte de biodiversité, perturbe la croissance, la distribution et la qualité des plantes médicinales.[77]

i. Déclin écologique : les plantes médicinales sous pression

Les principaux effets du changement climatique sont désormais bien documentés. La concentration en CO₂ atmosphérique est passée de 280 ppm à plus de 415 ppm depuis 1880. Selon le sixième rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), la température moyenne mondiale pourrait augmenter de 1,4 à 4,4 °C d'ici 2100 par rapport à l'ère préindustrielle. Or, la hausse dépasse déjà 1,5 °C en 2024, ce qui montre que le réchauffement progresse plus vite que prévu [78]. Cette élévation s'accompagnerait d'une hausse importante de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes, notamment des sécheresses, mais aussi des vagues de chaleur, des incendies et des épisodes de précipitations intenses.[79]

À l'échelle mondiale, les effets du changement climatique seront inégalement répartis, mais aucune région ne sera épargnée. Par exemple, dans le nord de l'Europe, on observe déjà un allongement de la saison de culture et une évolution des espèces cultivables. Cependant, ces changements s'accompagnent également de nouvelles vulnérabilités, telles que des conditions météorologiques plus instables. En revanche, les régions méditerranéennes font face à des menaces beaucoup plus sévères, liées à la répétition des canicules, aux sécheresses prolongées et à la raréfaction des ressources en eau. Ces stress abiotiques perturbent la répartition des plantes médicinales et compromettent leur survie à l'échelle locale.[79]

En outre, l'élévation du CO₂ atmosphérique entraîne une réduction de l'ouverture des stomates, limitant la transpiration et favorisant la rétention d'eau. Cela modifie le métabolisme photosynthétique et entraîne souvent une augmentation de la biomasse (feuilles plus grandes, racines plus nombreuses), mais aussi une altération du métabolisme azoté et de la teneur en composés secondaires. Or, ce sont précisément ces composés (alcaloïdes, terpènes, flavonoïdes, etc.) qui sont responsables de l'activité pharmacologique des plantes médicinales. (Figure 13) [79]

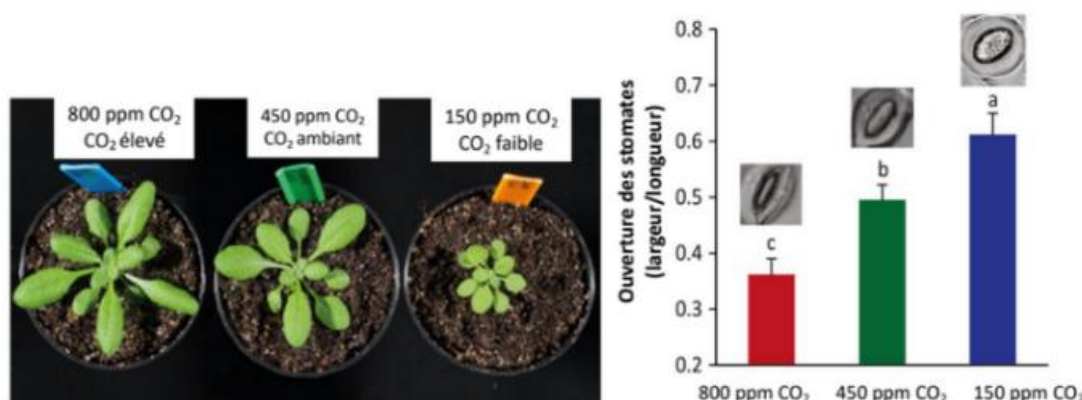


Figure 13 : Évolution de plants âgés de 4 semaines, notamment de l'ouverture des stomates, en fonction de différentes concentrations de CO₂. [80]

D'un point de vue physiologique, les hausses de température accélèrent aussi le cycle de vie des plantes, provoquant une floraison précoce et un raccourcissement des phases de croissance. Une élévation modérée de la température peut d'abord stimuler leur développement en accélérant les réactions biochimiques. Mais au-delà d'un certain seuil, cette augmentation devient défavorable et perturbe les fonctions métaboliques essentielles ce qui réduit les performances de croissance. Cela peut

entraîner un déséquilibre dans la reproduction, notamment un décalage entre floraison et présence des pollinisateurs et affecter la production de graines et la pérennité des espèces. (Figure 14)[79]

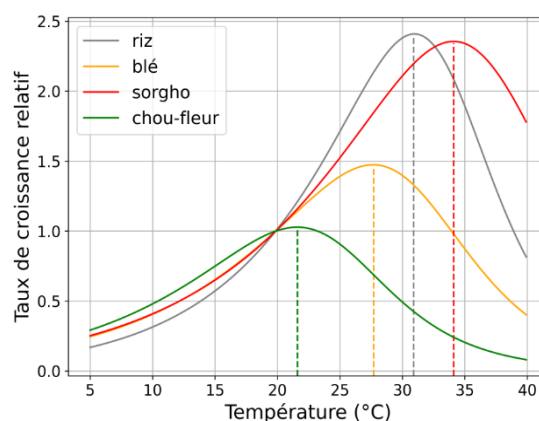


Figure 14 : évolution de la croissance de différentes plantes selon la température.
[79]

De plus, la sécheresse augmente la production de dérivés réactifs de l'oxygène (ROS), entraînant du stress oxydatif qui dégrade les structures cellulaires, limite la photosynthèse et diminue les capacités de défense de la plante. Ces phénomènes ont déjà été observés sur de nombreuses espèces médicinales. Par ailleurs, un stress hydrique prolongé peut entraîner une baisse de la synthèse ou une modification de la qualité des métabolites actifs et compromettre leur efficacité ou leur sécurité d'utilisation. Enfin, certains effets indirects, comme la disparition progressive des pollinisateurs, aggravent cette raréfaction. Cela perturbe la reproduction sexuée de nombreuses espèces médicinales et compromet leur diversité génétique.[79]

ii. Dégradation des habitats et surexploitation

À cela s'ajoute la destruction des habitats naturels. La déforestation, l'urbanisation, l'agriculture intensive et la pollution fragilisent les écosystèmes où se développent ces espèces. La majorité des plantes médicinales sont encore récoltées à l'état sauvage. Cependant, ces ressources naturelles sont surexploitées, souvent sans cadre réglementaire, ce qui accélère leur déclin. Les tentatives de mise en culture rencontrent de nombreux obstacles tels que la perte de diversité génétique, la variabilité chimique réduite, ou les difficultés d'adaptation des plantes aux conditions agricoles.[81]

c. Des exemples concrets de pressions sur les espèces médicinales

Le paclitaxel (Taxol), issu de l'if (*Taxus spp.*), est un exemple emblématique. Très utilisé en oncologie, il nécessite la récolte d'une grande quantité de matière végétale, alors que l'arbuste pousse lentement et produit peu de principe actif. Ainsi, un risque d'approvisionnement existe déjà indépendamment du climat, mais celui-ci est amplifié par les effets du changement climatique. Cette contrainte a poussé à développer des alternatives biotechnologiques, comme la culture cellulaire ou l'hémi-synthèse. En effet, de nombreuses matières premières naturelles utilisées dans la fabrication des

médicaments sont difficiles à reproduire artificiellement. Leur structure chimique est souvent complexe, ce qui rend leur synthèse longue, fastidieuse et coûteuse. C'est pourquoi l'industrie pharmaceutique dépend encore largement de ressources naturelles ou de procédés de semi-synthèse.[82]

D'autres plantes emblématiques sont en danger :

- Le ginseng (*Panax ginseng*) et la rhodiola (*Rhodiola rosea*) voient leurs populations décliner sous la pression de la demande mondiale et de la dégradation climatique de leurs habitats naturels.[83]
- L'arnica (*Arnica montana*) et la matricaire (*Matricaria chamomilla*), souffrent de conditions climatiques extrêmes, qui influent sur la qualité des principes actifs extraits.[83]

d. Une menace pour la sécurité sanitaire mondiale

La modification des conditions climatiques peut compromettre l'approvisionnement en substances actives de qualité. En altérant la composition chimique des plantes médicinales, elle risque de réduire leur efficacité ou d'augmenter leur toxicité. La baisse de concentration en principes actifs ou la présence accrue de composés indésirables compliquent l'usage thérapeutique et la standardisation des extraits végétaux, pourtant nécessaire à un usage réglementé en pharmacopée.[84]

D'un point de vue global, la raréfaction des ressources végétales médicinales affecte également les systèmes de santé des pays en développement, qui dépendent majoritairement de la médecine traditionnelle. La perte des plantes s'accompagne souvent de la disparition progressive des savoirs médicaux traditionnels qui leur sont associés, notamment dans les communautés autochtones ou rurales. [76]

Cela pourrait peu à peu fragiliser les chaînes d'approvisionnement, en augmentant les coûts de production et contribuer aux tensions sur le marché des médicaments à base de plantes, voire des médicaments conventionnels s'ils dépendent de métabolites naturels. À l'échelle officinale, cela pourrait se traduire par des ruptures de stock ou une moindre qualité des matières premières, réduisant les alternatives phytothérapeutiques disponibles pour les pharmaciens. La sécurité sanitaire mondiale pourrait en être affectée, en particulier dans les domaines comme l'oncologie ou les maladies infectieuses. [85]

Enfin, cette situation met en lumière la dépendance de la pharmacie aux équilibres écologiques. La protection de la biodiversité médicinale, loin d'être une option, semble être une nécessité stratégique pour maintenir un arsenal thérapeutique diversifié, accessible et efficace face aux défis sanitaires actuels et futurs.

2. Réduction des ressources marines

Les océans représentent le plus vaste réservoir de biodiversité de la planète. Ils abritent 34 des 36 embranchements connus du vivant, et renferment une diversité chimique très importante. Cette "chimiodiversité" résulte des interactions complexes entre les espèces marines, notamment pour la défense, la reproduction ou la

colonisation de l'espace. En particulier, les organismes marins fixés comme les éponges, coraux ou ascidies, dépourvus de mobilité et souvent sans défense physique, produisent des métabolites secondaires puissants aux fonctions écologiques importantes. Ces molécules bioactives les protègent des prédateurs, des infections, et des concurrents.[86]

Depuis les années 1950, ces substances ont éveillé l'intérêt de la recherche pharmaceutique. Les premiers succès, comme la découverte des arabinosides ayant conduit à des traitements anticancéreux (ara-C ou cytarabine) et antiviraux (ara-A ou vidarabine), ont ouvert la voie à une exploration plus systématique des ressources marines. À ce jour, plus de 12 000 métabolites secondaires d'origine marine ont été identifiés, et de nombreux composés issus d'éponges, de coraux ou de bactéries marines sont en cours d'évaluation clinique, notamment pour des indications en oncologie, infectiologie, et inflammation. Parmi eux, la squalamine, extraite d'un requin (*Squalus acanthias*), s'est distinguée par ses propriétés anticancéreuses, antiangiogéniques et antimicrobiennes.[86]

Ainsi, les ressources marines représentent une source prometteuse de nouveaux médicaments. Pourtant, malgré ce potentiel thérapeutique, leur valorisation reste limitée par des obstacles techniques (difficultés d'extraction à grande échelle, complexité des molécules), économiques et environnementaux. De plus, la disponibilité durable de ces ressources repose sur la conservation des écosystèmes marins, qui sont aujourd'hui gravement menacés.[87]

Les changements environnementaux induits par les activités humaines perturbent profondément les équilibres océaniques. Depuis 1970, les océans ont absorbé plus de 90 % de la chaleur générée par l'effet de serre et plus d'un quart des émissions anthropiques de CO₂. Cette absorption massive entraîne une élévation des températures marines, une acidification de l'eau, une désoxygénation, et une élévation du niveau des mers. Ces bouleversements affectent directement la santé et la distribution des organismes marins.[88]

L'acidification des océans, liée à la dissolution du CO₂, réduit la concentration en carbonates de calcium indispensables à la formation des coquilles et squelettes de nombreuses espèces comme les mollusques, les oursins, les coraux ou les micro-organismes planctoniques calcifiants. Cette fragilisation compromet leur survie, avec des effets en cascade sur l'ensemble de la chaîne trophique[88]. Le phénomène de blanchissement des coraux, causé par un stress thermique prolongé, a considérablement augmenté ces dernières décennies, touchant près de 85 % des récifs. Dans les cas les plus graves, il peut entraîner la mort de 50 % des coraux affectés [76]. Les vagues de chaleur marines, de plus en plus fréquentes et intenses, représentent une menace croissante. En effet, celles-ci provoquent des épisodes de nécrose et de blanchissement chez certaines espèces d'éponges, compromettant leur rôle écologique et leur potentiel pharmaceutique.[89]

D'autres impacts majeurs incluent la migration forcée d'espèces marines vers des zones plus tempérées, perturbant les équilibres écologiques et les cycles de reproduction. Certaines espèces sont également affectées dans leurs capacités physiologiques. C'est le cas des requins, par exemple dont l'efficacité métabolique et le comportement de chasse sont réduits sous l'effet du réchauffement et de l'acidification croissante de l'eau. De même, des anomalies neurologiques ont été observées chez des poissons de récifs exposés naturellement à des concentrations

élevées de CO₂, avec une perte de la capacité à détecter les prédateurs ou à s'orienter correctement.[88]

À ces effets climatiques s'ajoutent des pressions anthropiques comme la surpêche, la pollution, ou encore la destruction des habitats marins (récifs coralliens, mangroves, herbiers).

En somme, le changement climatique et l'érosion de la biodiversité marine mettent en péril un patrimoine biologique et chimique encore insuffisamment exploité. La raréfaction progressive de ces ressources pourrait freiner le développement de médicaments d'origine marine, au moment même où ce domaine connaît un développement important. C'est d'ailleurs l'un des messages de la Troisième Conférence des Nations Unies sur l'Océan (UNOC3), tenue à Nice en juin 2025, qui a souligné l'urgence d'agir pour préserver les écosystèmes marins et garantir un approvisionnement durable. Préserver la biodiversité des écosystèmes marins représente donc un enjeu écologique majeur, mais constitue également un levier potentiel pour les avancées futures de la recherche biomédicale.[90]

3. Dégradation des infrastructures

Les événements climatiques extrêmes tels que les vagues de chaleur, les inondations, les tempêtes ou les ouragans, risquent de fragiliser de plus en plus les infrastructures de santé, car ils vont devenir plus fréquents avec le changement climatique. L'ensemble du circuit pharmaceutique peut ainsi être déstabilisé, des sites de fabrication jusqu'aux officines, en passant par les entrepôts et les réseaux logistiques.[91]

Lorsque des installations industrielles sont endommagées, comme cela a été observé avec l'ouragan Maria à Porto Rico, un pôle majeur de la production pharmaceutique pour le marché américain, la fabrication de médicaments peut être brutalement interrompue. L'arrêt prolongé des usines, le manque d'électricité, les pénuries de carburant pour faire fonctionner les générateurs, ou encore les difficultés d'accès pour les salariés, contribuent à désorganiser durablement l'approvisionnement.[92]

Les chaînes logistiques sont particulièrement vulnérables aux catastrophes naturelles. Inondations, effondrements de ponts ou routes barrées par des décombres peuvent entraver gravement le transport des médicaments. Ces perturbations compliquent la circulation des produits de santé entre les centres de stockage et les officines, ralentissant l'acheminement des traitements jusqu'aux patients.[93]

Les pharmacies d'officine peuvent elles-mêmes être directement touchées par ces événements. Ils peuvent endommager les locaux, altérer l'accès des patients, ou rendre les médicaments impropres à la dispensation. La conservation des produits de santé sensibles à la température, comme les vaccins ou l'insuline, devient particulièrement problématique en cas de coupures de courant prolongées. Or, de nombreux médicaments nécessitent le maintien d'une chaîne du froid rigoureuse entre 2°C et 8°C. Lorsque les équipements de réfrigération tombent en panne ou que les lieux de stockage sont endommagés, ces produits risquent de perdre leur efficacité et de devenir inutilisables.[93]

Les entrepôts pharmaceutiques des grossistes peuvent également subir des dégâts matériels, compromettant la disponibilité de médicaments sur tout un territoire. De

telles défaillances peuvent retarder, voire empêcher, l'acheminement des traitements jusqu'aux patients. Cela peut notamment provoquer des interruptions de traitement pour les personnes atteintes de pathologies chroniques (asthme, diabète, insuffisance cardiaque...), avec un risque accru de décompensations allant jusqu'aux urgences.[94]

Dans certaines régions, les événements climatiques extrêmes exercent une pression croissante sur les infrastructures qui soutiennent le système de santé, notamment en ce qui concerne le circuit du médicament. L'intensité de ces impacts varie selon les niveaux d'exposition et la vulnérabilité locale des structures. Cette hétérogénéité souligne l'importance d'adapter les stratégies de résilience en fonction des territoires, afin de préserver la continuité des soins, y compris en situation de crise.

CHAPITRE II : Accroissement de la demande pour certaines classes thérapeutiques

1. Effet du dérèglement climatique sur la santé

Le changement climatique, en modifiant progressivement notre environnement, pourrait influencer de manière importante les facteurs qui conditionnent la santé humaine. Ces évolutions, qu'elles soient directes ou indirectes, pourraient favoriser l'émergence ou l'aggravation de pathologies aiguës, chroniques, infectieuses, mentales ou nutritionnelles, entraînant ainsi une demande accrue en soins et en médicaments.[95]

Les effets du dérèglement climatique sont aggravés chez les populations socialement ou médicalement vulnérables telles que les personnes âgées, les enfants, les femmes enceintes et les personnes précaires ou en situation de handicap [96]. Le GIEC insiste sur le fait que la vulnérabilité dépend à la fois de la fréquence des aléas et de facteurs structurels (infrastructures de santé, conditions de logement, accès à l'eau potable).[97]

Ainsi, les populations vivant en zones urbaines denses, en bord de mer, ou dépendantes d'agriculture de subsistance sont plus exposées. Dans certaines régions, la chaleur extrême pourrait devenir mortelle d'ici la fin du siècle pour des centaines de millions de personnes.[96]

a. Pathologies liées aux événements climatiques extrêmes

Les épisodes de canicule, inondations, incendies ou sécheresses entraînent un ensemble de pathologies aiguës. Entre 2014 et 2022, près de 33 000 décès ont été attribués aux canicules en France. Ces événements augmentent les cas d'hyperthermie, de déshydratation sévère, d'hyponatrémie, de défaillances d'organes, et de troubles cognitifs chez les personnes âgées. Le recours aux solutés de réhydratation, antidiurétiques, anti-inflammatoires, antipyrétiques ou traitements d'urgence cardiovasculaire est accru.[98]

Les inondations perturbent les réseaux d'assainissement, entraînant des contaminations bactériennes de l'eau, des infections gastro-intestinales et dermiques. Elles génèrent également un risque indirect de moisissures dans les habitations, favorisant les allergies respiratoires et infections fongiques. [98]

Les incendies de forêt, de plus en plus fréquents et intenses, provoquent des pics de pollution atmosphérique, accentuant les cas d'asthme, de bronchites, et de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), avec une demande accrue en corticoïdes inhalés, bronchodilatateurs et antibiotiques.[99]

b. Conséquences psychologiques du dérèglement climatique

Les effets psychologiques des catastrophes naturelles sont considérables. On retrouve en effet du stress post-traumatique, des états anxieux, des troubles de l'humeur, voire une aggravation de pathologies psychiatriques préexistantes. L'apparition de néologismes comme éco-anxiété ou solastalgie (forme de souffrance et de détresse psychique ou existentielle causée par la conscience des changements environnementaux en cours), témoigne d'un malaise collectif croissant. Des études canadiennes et françaises ont relevé une hausse importante des troubles mentaux dans les zones affectées par les incendies ou les inondations.[100]

Ces pathologies nécessitent des soins psychiatriques et une augmentation de prescriptions de psychotropes (antidépresseurs, anxiolytiques, somnifères). La demande en professionnels de santé mentale, déjà en tension, est exacerbée dans les régions exposées.[100]

c. Maladies infectieuses et transmission vectorielle

Le réchauffement climatique étend les zones de vie des vecteurs de maladies, comme les moustiques, en modifiant les températures, l'humidité et les cycles de reproduction. Le moustique tigre (*Aedes albopictus*), vecteur de zoonoses telles que la dengue, le chikungunya et le virus Zika, est désormais implanté dans 78 départements métropolitains. En 2024, 4 042 cas importés et 85 cas autochtones de dengue ont été recensés en France.[101]

Une zoonose est une maladie infectieuse transmise de l'animal à l'être humain. Les agents zoonotiques peuvent être des bactéries, des virus ou des parasites et leur transmission peut s'effectuer par contact direct avec les animaux, ou indirectement via l'eau, les aliments ou l'environnement. En raison de la proximité croissante entre l'humain et les animaux, que ce soit dans l'agriculture, le cadre domestique ou les milieux naturels, ces maladies représentent un enjeu majeur de santé publique. Les zoonoses constituent une part importante des maladies infectieuses déjà connues et une majorité des infections émergentes observées ces dernières décennies.[102]

De plus, le pergélisol, ou permafrost, est un sol gelé en permanence, dont la température reste inférieure à 0 °C pendant au moins deux années consécutives. Il recouvre environ 20 % des terres émergées, soit entre 15 et 23 millions de km². Sa fonte progressive, sous l'effet du dérèglement climatique, pourrait libérer des agents pathogènes anciens, voire inconnus. Un exemple marquant a été observé en Russie en 2016, où un enfant est décédé d'anthrax après le dégel d'un cadavre de renne infecté depuis plusieurs décennies. Ces événements soulignent la nécessité de réévaluer les stratégies de prévention, notamment en matière de vaccination, et d'anticiper des réponses adaptées via la constitution de stocks stratégiques d'antibiotiques ou d'antiviraux.[103]

d. Allergies respiratoires et maladies chroniques

La hausse des températures et des concentrations atmosphériques de CO₂ favorise une floraison plus précoce et prolongée chez de nombreuses espèces végétales. En

Europe, le début de la floraison a avancé en moyenne de 6 jours, tandis que la fin a reculé de près de 5 jours, prolongeant la saison pollinique d'environ 11 jours. Certaines plantes comme les graminées, les cyprès ou l'ambroisie produisent non seulement davantage de pollens, mais aussi des pollens plus riches en protéines allergènes.[104]

Parallèlement, l'élévation du CO₂ atmosphérique et la pollution de l'air modifient la composition des grains de pollen et augmentent leur potentiel irritant. Des études ont montré que la production de certaines protéines allergéniques pouvait augmenter de 50 à 200 % sous l'effet de conditions climatiques actuelles. Ces phénomènes entraînent une augmentation importante des cas de rhinites allergiques, de conjonctivites et d'exacerbations d'asthme, avec un recours accru aux antihistaminiques, corticoïdes inhalés, bronchodilatateurs et traitements par immunothérapie allergénique.[104]

En outre, la pollution atmosphérique, principalement issue du trafic routier, des activités industrielles et du chauffage, constitue un facteur aggravant majeur pour de nombreuses maladies chroniques. Elle est composée de particules fines (PM_{2.5}), d'ozone troposphérique, de dioxyde d'azote (NO₂) et d'autres polluants, qui pénètrent profondément dans les voies respiratoires et la circulation sanguine. Ces polluants, bien que distincts des gaz à effet de serre, partagent les mêmes sources d'émission (transport, industrie, production d'énergie), ce qui crée une corrélation directe entre pollution de l'air et changement climatique. De plus, le réchauffement climatique intensifie certains mécanismes de pollution. Effectivement les périodes de fortes chaleurs favorisent la formation d'ozone, tandis que les conditions anticycloniques, caractérisées par un temps stable, sec et peu venteux, limitent la dispersion des polluants et favorisent leur accumulation à proximité du sol. Or, le changement climatique pourrait accentuer la fréquence et la persistance de ces régimes anticycloniques, notamment en été, augmentant ainsi la durée et l'intensité des épisodes de pollution de l'air.[105]

Chez les patients atteints de BPCO ou d'asthme, cette dégradation de la qualité de l'air entraîne une aggravation des symptômes, une augmentation des exacerbations aiguës et, dans les cas graves, des hospitalisations. Les personnes souffrant de pathologies cardiovasculaires sont également à risque étant donné que l'exposition chronique aux polluants favorise l'inflammation endothéliale, l'athérosclérose et les accidents vasculaires.[106]

La pollution atmosphérique est aujourd'hui reconnue comme un facteur aggravant du diabète de type 2. Une étude portant sur plus de 400 000 participants, a montré qu'une exposition prolongée aux particules fines (PM_{2.5}, PM₁₀), au dioxyde d'azote (NO₂) et au soufre (SO₂) augmente le risque de développer la maladie, mais aussi la vitesse de progression et de complications. Ces effets s'expliquent par une inflammation chronique et un stress oxydatif induits par les polluants, qui perturbent l'action de l'insuline et l'équilibre du glucose. Ainsi, la pollution de l'air n'est pas seulement un déclencheur mais aussi un facteur aggravant de la maladie et ses complications, ce qui accroît les besoins en soins et en traitements. [107]

Ces impacts nécessitent une adaptation thérapeutique telle que des ajustements de posologies, des prescriptions renforcées de traitements de fond, et un suivi médical plus rapproché.

e. Insécurité alimentaire

Le changement climatique affecte déjà la productivité agricole mondiale, en particulier à travers l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes extrêmes tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, les précipitations intenses ou encore les gelées tardives. Ces événements perturbent les cycles de croissance des cultures, nuisent à la floraison, et fragilisent les rendements. Par exemple, la canicule de 2003 a entraîné une perte de 20 à 30 % des récoltes en France et dans plusieurs pays voisins. Dans certaines régions, l'herbe cesse de pousser en été, rendant l'élevage difficile. Le GIEC estime que les pertes de récoltes liées aux sécheresses et canicules ont triplé en Europe au cours des 50 dernières années. Ces perturbations agricoles, répétées et imprévisibles, alimentent un risque croissant d'insécurité alimentaire. Cela pourrait augmenter la demande en compléments nutritionnels et en médicaments liés aux troubles de la croissance, à la dénutrition ou à l'immunité affaiblie.[108]

2. Conséquences de la perte de biodiversité sur la santé

L'effondrement de la biodiversité mondiale affecte la santé humaine à travers de multiples mécanismes. On retrouve l'émergence de maladies infectieuses, l'affaiblissement de l'immunité, l'augmentation des allergies, le déclin de la qualité nutritionnelle, et la perte de services écosystémiques essentiels.

a. Zoonoses et maladies émergentes

Bien que, comme évoqué précédemment, le dérèglement climatique joue un rôle important dans la diffusion des maladies infectieuses, la perte de biodiversité contribue elle aussi à ce phénomène, mais selon une logique différente. La déforestation, l'urbanisation et l'agriculture intensive rapprochent l'humain des réservoirs animaux, ce qui augmente la probabilité de transmission de pathogènes vers l'espèce humaine. Ces interactions favorisées permettent l'émergence de zoonoses. Des exemples récents incluent le SARS-CoV-2, Ebola ou encore la grippe aviaire. Le risque de pandémies est considérablement augmenté dans un contexte de perte accélérée de biodiversité.[109]

De plus, en réduisant la diversité des espèces dans les écosystèmes, les mécanismes naturels de régulation sont affaiblis. Certains animaux, qui jouaient un rôle de "pièges écologiques" en freinant la transmission de pathogènes, disparaissent au profit d'espèces plus aptes à la propagation de ces agents. C'est notamment le cas de la maladie de Lyme pour laquelle la raréfaction des oiseaux et des cervidés, qui limitent naturellement les populations de tiques, a laissé place à une prédominance de rongeurs, plus efficaces pour transmettre la bactérie *Borrelia burgdorferi*. En France, l'incidence de la maladie est en hausse, en particulier en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), avec pour conséquence une augmentation des prescriptions d'antibiotiques et des consultations médicales spécifiques.[109]

b. Déclin de la qualité nutritionnelle

En parallèle des effets du dérèglement climatique sur les cultures, la perte de biodiversité contribue également à cette dégradation, en réduisant la variété et la résilience des espèces cultivées, essentielles à une alimentation équilibrée et nutritive.

Les pratiques agricoles intensives mises en œuvre depuis plusieurs décennies ont progressivement appauvri la qualité nutritionnelle des aliments, entraînant ce que l'on appelle aujourd'hui la malnutrition invisible. Ce phénomène est défini par une alimentation suffisante en calories, mais pauvre en micronutriments essentiels. Cette dégradation s'explique notamment par la surexploitation des sols, l'utilisation intensive d'engrais chimiques, la généralisation des cultures hors-sol et à haut rendement, la réduction de la diversité microbienne des terres, ainsi que par l'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère. On estime qu'entre 25 % et 50 % de la densité en micronutriments des fruits et légumes a disparu au cours des 70 dernières années.[110]

Cette déperdition nutritionnelle expose les populations à des carences multiples (zinc, fer, iode, folates, vitamine A...), qui altèrent la croissance des enfants, affaiblissent le système immunitaire et diminuent la résistance aux infections. Bien que l'apport calorique global puisse être suffisant, la qualité de l'alimentation est réduite, en particulier dans les populations vulnérables. Cela se traduit par une demande accrue en compléments alimentaires, vitamines, produits enrichis et traitements contre la dénutrition.[110]

c. Espèces végétales allergènes et envahissantes

Comme vu précédemment pour le dérèglement climatique, la perte de biodiversité constitue elle aussi un facteur aggravant dans la hausse des allergies respiratoires, en modifiant la répartition des espèces végétales et en favorisant les espèces à fort potentiel allergène.

La diminution de la biodiversité végétale fragilise les écosystèmes et favorise la prolifération d'espèces invasives, telles que l'ambrosie. Cette plante colonise facilement les milieux perturbés, notamment les friches, les bords de route ou les terrains agricoles appauvris. Extrêmement allergisante, elle libère de grandes quantités de pollen, responsable de manifestations allergiques sévères telles que rhinites, toux, conjonctivites et crises d'asthme. Dans la région PACA, sa concentration dans l'air est en constante augmentation, ce qui entraîne une hausse importante du recours aux traitements anti-allergiques, ainsi qu'un renforcement des dispositifs de surveillance pollinique pour anticiper les pics d'exposition.[109]

d. Immunité affaiblie et maladies inflammatoires

Le contact régulier avec une biodiversité microbienne riche, issue des sols, de la végétation ou des animaux, contribue à un développement équilibré du système immunitaire. Sa raréfaction est associée à une augmentation des maladies auto-immunes, inflammatoires et allergiques. Ce déséquilibre est renforcé par l'exposition croissante aux polluants environnementaux et la réduction de la diversité alimentaire,

qui peut conduire à des formes de malnutrition. Ces évolutions se traduisent par une demande accrue en traitements immunomodulateurs, tels que les corticoïdes, les biothérapies ou encore les antibiotiques.[109]

e. Perte d'accès aux bienfaits des espaces naturels

Les espaces verts favorisent l'activité physique, réduisent le stress, améliorent la qualité de vie et la santé mentale. Leur disparition dans les zones urbaines contribue à la sédentarité, à l'obésité, aux troubles anxieux et dépressifs, générant une augmentation des prescriptions d'antihypertenseurs, d'antidiabétiques, d'antidépresseurs et de traitements cardiovasculaires.[109]

CHAPITRE III : Résistance aux médicaments

1. La résistance aux antimicrobiens : origine, mécanismes et enjeux globaux

La résistance aux antimicrobiens (RAM) correspond à la capacité acquise par des microorganismes à survivre et se multiplier en présence de substances destinées à les détruire ou les inhiber, comme les antibiotiques, antifongiques, antiviraux ou antiparasitaires. Ce phénomène naturel est fortement amplifié depuis une vingtaine d'années, en partie par l'usage abusif et inadapté de ces médicaments chez l'homme, les animaux et dans l'agriculture (Figure 15) [111]. La RAM constitue aujourd'hui une des dix principales menaces pour la santé publique mondiale selon l'OMS. En 2019, elle était responsable de 1,27 millions de décès directs dans le monde, et potentiellement de près de 5 millions de décès en comptabilisant les cas indirects.[112]

Les bactéries résistantes se propagent par différents vecteurs tels que les aliments, l'eau, les sols, l'air, les animaux, et de personne à personne. Elles menacent les avancées médicales modernes et rendent certaines interventions comme les opérations chirurgicales, les accouchements ou les chimiothérapies incertaines. Sans antimicrobiens efficaces, la médecine moderne se retrouverait démunie face à des infections aujourd'hui considérées comme bénignes.[113]

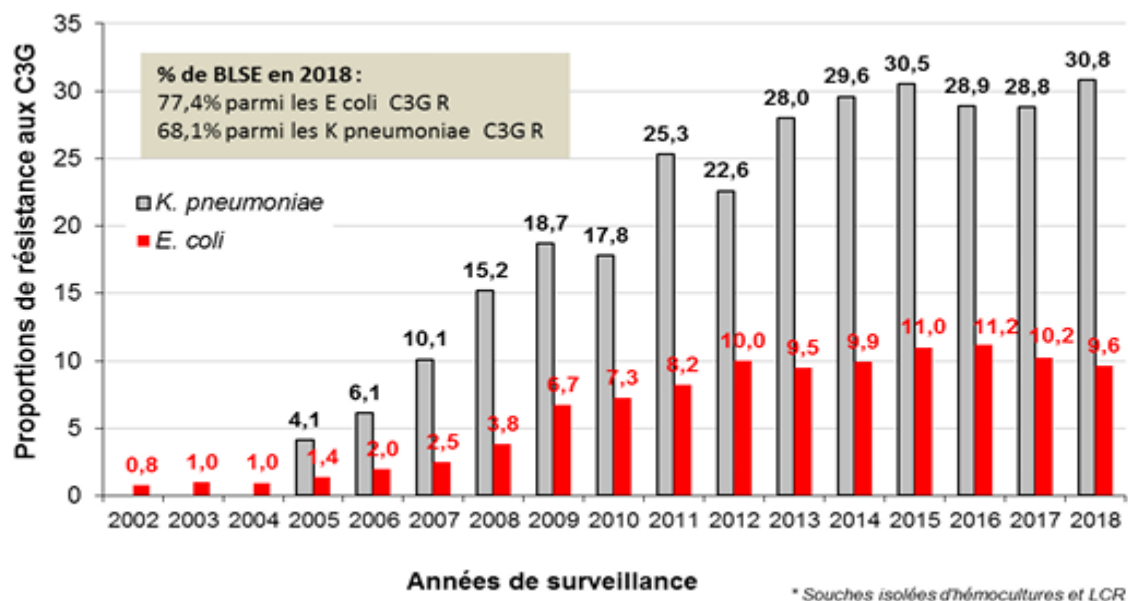


Figure 15 : Evolution de la proportion de la résistance aux céphalosporines de troisième génération chez Escherichia coli et Klebsiella pneumoniae de 2002 à 2018. [113]

2. Le changement climatique : catalyseur de la RAM

Le dérèglement climatique contribue directement à l'aggravation de la RAM via l'augmentation des températures et la multiplication des événements climatiques extrêmes.

L'élévation des températures liée au changement climatique exerce une pression directe sur le comportement des agents pathogènes. La chaleur stimule leur métabolisme, accélère leur cycle de vie et favorise leur capacité à se reproduire rapidement. Chez certaines bactéries comme *Vibrio spp.*, la température élevée active l'expression de gènes spécifiques qui renforcent leur capacité d'adhérence, de pénétration et de survie dans l'hôte, augmentant ainsi leur pouvoir pathogène.[114]

Par ailleurs, la chaleur favorise le transfert horizontal de gènes, un mécanisme par lequel les bactéries échangent du matériel génétique sans relation de descendance. Ce processus est crucial dans la propagation des gènes de résistance aux antibiotiques, et il s'intensifie en milieu chaud. Ainsi, des études ont montré qu'à chaque augmentation de 1 °C de la température moyenne, la proportion de souches de *Klebsiella pneumoniae* résistantes aux carbapénèmes augmente de 14 %, et celle de *Pseudomonas aeruginosa* de 6 %. Des études menées en Chine, aux États-Unis et en Europe confirment ce lien et suggèrent que les prévisions actuelles sous-estiment l'ampleur de la RAM dans un monde en réchauffement.[113]

Les événements climatiques extrêmes comme les inondations, ouragans, incendies ou sécheresses aggravent encore cette menace. Ils dégradent les infrastructures sanitaires et d'assainissement, provoquent des contaminations massives des réseaux d'eau potable et des sols par des eaux usées chargées de bactéries résistantes. Par exemple, les inondations au Ghana ont entraîné la propagation de bactéries multirésistantes via les systèmes d'égouts, déclenchant des flambées épidémiques de choléra.[115]

La pollution environnementale joue un rôle majeur dans la propagation de la résistance aux antimicrobiens. Les activités humaines, en libérant des métaux lourds, des résidus pharmaceutiques et des déchets agricoles dans les écosystèmes, perturbent les équilibres géochimiques naturels à l'échelle mondiale. Ces polluants, dispersés par les événements climatiques extrêmes, créent des conditions favorables à la sélection et à la persistance de souches bactériennes résistantes.[115]

Les micro-organismes, naturellement sensibles aux métaux lourds, ont développé des gènes de résistance spécifiques pour survivre dans ces milieux dégradés. De plus, les chercheurs ont observé que les gènes de résistance aux métaux lourds sont fréquemment associés aux gènes de résistance aux antibiotiques dans les génomes microbiens. Cette association favorise un phénomène de co-sélection car même en l'absence d'antibiotiques, la présence de métaux lourds dans l'environnement suffit à sélectionner et maintenir les bactéries porteuses de ces doubles résistances. Ces microbes peuvent alors circuler dans les sols, les eaux et l'air, contribuant à la diffusion mondiale de la RAM [116]

Ces transformations physiologiques des agents pathogènes sous l'effet du climat complexifient leur prise en charge médicale. En rendant les pathogènes plus virulents, capables de se multiplier plus rapidement et de mieux résister aux défenses naturelles comme la fièvre, le changement climatique peut indirectement conduire à une utilisation plus fréquente et plus intensive des antimicrobiens. Cette pression accrue favorise l'émergence de résistances. Ainsi, même si le climat n'est pas la cause unique de la résistance, il en crée les conditions idéales, en facilitant à la fois la propagation des pathogènes et les pratiques qui sélectionnent les souches résistantes.[114]

3. Perte de biodiversité et impact sur la résistance aux antimicrobiens

La biodiversité joue un rôle fondamental dans la régulation naturelle de la résistance aux antimicrobiens. La diversité et la complexité des écosystèmes microbiens créent une barrière écologique qui limite la propagation et le transfert des gènes de résistance entre microorganismes. En effet, la présence d'une grande variété de microbes en compétition pour les ressources freine le développement des espèces pathogènes résistantes.[117]

Toutefois, la destruction progressive des habitats naturels, la fragmentation des milieux et la raréfaction des espèces entraînent une homogénéisation des communautés microbiennes. Ce phénomène conduit à une simplification des microbiotes environnementaux, ce qui affaiblit la résilience des écosystèmes face aux perturbations extérieures telles que l'introduction de gènes de résistance.[117]

Cette perte de diversité microbienne perturbe les services écosystémiques clés comme la santé et la fertilité des sols, la dégradation de la matière organique, ou encore la régulation des cycles biogéochimiques (carbone, azote, phosphore). Par exemple, les bousiers (coléoptères coprophages) jouent un rôle écologique essentiel en décomposant les excréments animaux et en participant à la fertilisation des sols. Lorsque les animaux d'élevage sont traités par antibiotiques, les résidus médicamenteux présents dans leurs déjections sont ingérés par ces insectes. Cela perturbe leur microbiote et peut introduire ou favoriser la circulation de gènes de résistance dans les sols, contribuant ainsi à la dissémination environnementale de la RAM.[117]

4. Vulnérabilité des systèmes alimentaires et accroissement de l'utilisation des antimicrobiens

Le changement climatique exerce une pression importante sur les systèmes de production alimentaire, les rendant très vulnérables. En effet, les bouleversements climatiques favorisent l'intensification et la propagation des maladies affectant à la fois les animaux d'élevage et les cultures végétales. Face à cette situation, les agriculteurs et les éleveurs sont contraints d'augmenter le recours aux antimicrobiens afin de préserver leurs rendements et d'assurer la sécurité alimentaire.[115]

L'aquaculture est particulièrement exposée à ces risques. L'élévation des températures augmente la susceptibilité des poissons aux infections, ce qui conduit à une utilisation accrue d'antibiotiques pour limiter les pertes économiques.[115]

Parallèlement, la recrudescence des maladies fongiques touchant les cultures incite à un usage intensif d'antifongiques ce qui favorise la sélection de souches fongiques résistantes, telles que *Candida auris*, qui représentent une menace croissante pour la santé humaine.[115]

Ce recours massif aux antimicrobiens, bien qu'efficace à court terme, renforce la pression de sélection sur les pathogènes et aggrave leur résistance. Cette dynamique environnementale et sanitaire favorise la dissémination de souches multirésistantes dans les environnements agricoles et aquacoles. Ces souches peuvent contaminer la

chaîne alimentaire, les milieux naturels (sols, eaux usées) et constituer une menace majeure pour la santé publique et la biodiversité.[115]

5. Risque de mauvaise utilisation et substitutions inadaptées en cas de pénurie

La pénurie croissante de certains antibiotiques, accentuée par les tensions climatiques, la perte de biodiversité et la fragilité des chaînes d'approvisionnement, conduit à un recours fréquent à des traitements de substitution. Ces solutions de remplacement ne sont pas toujours adaptées, tant en termes d'efficacité que de spectre d'action, favorisant ainsi la survie des souches résistantes.[118]

Par ailleurs, dans un contexte de crise sanitaire ou de défaillance des systèmes de soins, les patients recourent fréquemment à l'automédication. Ce phénomène, aggravé dans les pays où la régulation pharmaceutique est faible, entraîne une utilisation inappropriée et à faible dose des antibiotiques, accélérant la sélection de résistances.[116]

Ces pratiques mettent en péril l'efficacité des traitements futurs, rendant certaines infections de plus en plus difficiles, voire impossibles, à traiter.

Pour conclure, la résistance aux antimicrobiens est au croisement des grandes crises contemporaines. Ensemble, elles créent un environnement propice à l'émergence, la diffusion et la persistance des résistances microbiennes, fragilisant la santé humaine, animale et environnementale.

Ce constat souligne la nécessité d'une approche globale et interconnectée, telle que celle promue par le concept « Une Seule Santé ». Il est important d'intégrer les enjeux de santé publique, de préservation des écosystèmes et de durabilité agricole pour construire des stratégies de lutte contre la RAM qui soient efficaces et pérennes. Cela implique de repenser nos modèles de production, de renforcer la recherche sur les alternatives aux antimicrobiens et de développer des politiques préventives capables de limiter l'impact des crises environnementales sur la santé mondiale.[112]

CHAPITRE IV : Dérèglement climatique : conflits géopolitiques et pression économique

Le changement climatique ne constitue pas seulement une menace environnementale, mais agit également comme un facteur aggravant des tensions géopolitiques et économiques. En affectant directement la disponibilité des ressources, la stabilité des territoires et la sécurité énergétique, il déstabilise les chaînes d'approvisionnement pharmaceutiques mondiales et accroît le risque de ruptures de médicaments. Ce chapitre analyse les mécanismes par lesquels les bouleversements climatiques fragilisent les réseaux de production et de distribution des produits pharmaceutiques, en se concentrant sur quatre dimensions principales : l'amplification des conflits, la dépendance stratégique aux matières premières, l'instabilité des chaînes d'approvisionnement, et la pression économique croissante.[46]

1. Le changement climatique comme facteur de conflits

Le dérèglement climatique accentue de manière importante les tensions politiques et sociales existantes. La réduction des ressources naturelles (eau, terres arables, biodiversité) peut précipiter des conflits intra- ou interétatiques, notamment dans des régions déjà instables. [46]

Par exemple, la grave sécheresse qu'a connue la Syrie entre 2006 et 2011, probablement exacerbée par le changement climatique, a poussé près de 1,5 million de ruraux à migrer vers les zones urbaines, augmentant la pression sur des services déjà fragiles. Ce déplacement massif, couplé à une mauvaise gouvernance et une corruption généralisée, a contribué à déclencher le conflit civil en 2011. Cette guerre a entraîné la destruction de nombreuses infrastructures, y compris plusieurs usines pharmaceutiques locales, ce qui a eu des répercussions directes sur la disponibilité de médicaments dans la région et au-delà.[119]

De la même façon, les événements climatiques extrêmes dans des régions exportatrices agricoles majeures (Russie, Ukraine, Canada) ont entraîné une flambée des prix du blé en 2010. Cette hausse des prix a fragilisé la sécurité alimentaire dans de nombreux pays arabes dépendants des importations, et aurait contribué à alimenter les tensions sociales ayant mené au Printemps arabe.[119]

Enfin, les années marquées par le phénomène El Niño, souvent plus chaudes et plus sèches dans les tropiques, ont vu doubler les probabilités de conflit civil, comparées aux années La Niña plus humides. On estime que 21 % des conflits civils entre 1950 et 2001 pourraient être liés à ce phénomène climatique[119]

2. Forte dépendance de la France et de l'Europe pour certaines matières premières

La mondialisation de la production pharmaceutique a considérablement accru la dépendance des pays européens aux importations. Dans les années 1970 et 1980, l'Europe assurait une grande partie de sa production d'ingrédients pharmaceutiques actifs (API), notamment grâce à des sites implantés en Italie, en Espagne ou au Portugal. À cette époque, sa dépendance aux importations ne dépassait pas 30 à 40 %. Aujourd'hui, cette situation s'est inversée puisqu'environ 70 % des Ingrédients Pharmaceutiques Actifs (API) utilisés dans les médicaments européens proviennent de pays tiers, principalement la Chine et l'Inde. Ces substances, qui assurent l'effet thérapeutique des médicaments, nécessitent plusieurs étapes de fabrication à partir d'intermédiaires chimiques ou biologiques, eux-mêmes souvent issus de ces régions. Or, ces pays sont exposés à des risques climatiques (inondations, typhons, canicules) et politiques (tensions commerciales, conflits, nationalisme économique), rendant l'approvisionnement particulièrement vulnérable.[120]

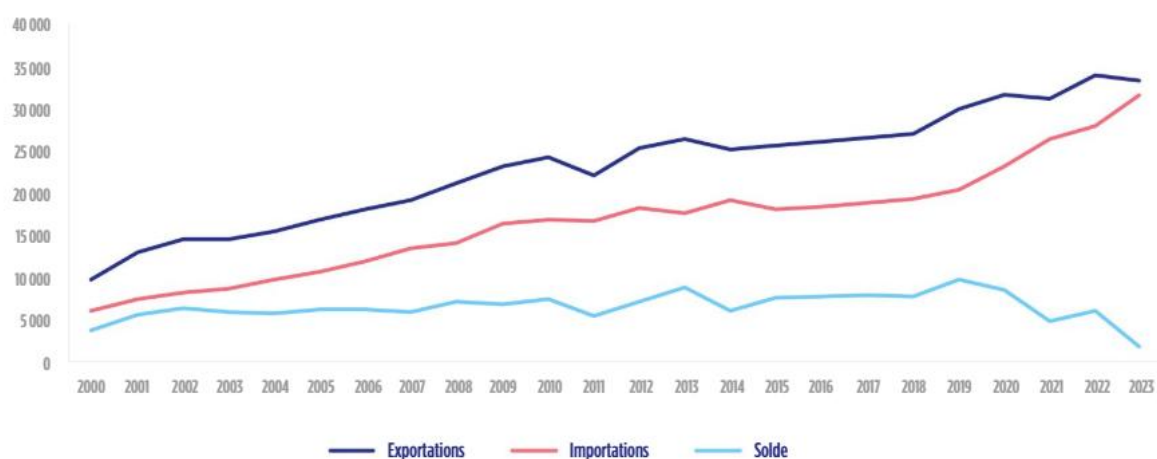


Figure 16 : évolution du commerce extérieur français de médicaments de 2000 à 2023 (en millions d'euro).[121]

Il convient de rester prudent dans l'interprétation de ce graphique, car le solde commercial y est exprimé en valeur monétaire et non en nombre d'unités. Cela peut biaiser l'analyse car un pays peut afficher un solde négatif s'il importe des médicaments onéreux tout en exportant des volumes plus importants de médicaments à faible coût. Néanmoins, malgré l'absence de données en unités, cette représentation reste pertinente pour apprécier la dynamique économique globale du commerce pharmaceutique.

Les échanges internationaux occupent une place centrale dans le secteur pharmaceutique français. La France, et plus largement l'Europe, exportent à peu près autant de médicaments qu'elles en importent (Figure 16). Si elle produit environ 75 % des médicaments finis au niveau mondial, celle-ci ne fabrique qu'environ un tiers (33 %) des principes actifs nécessaires à leur fabrication. Cette asymétrie explique la forte

dépendance de l'Europe vis-à-vis des importations de substances actives en provenance de pays tiers, indispensables à la production locale des médicaments, dont une partie est ensuite destinée à l'exportation (Figure 17).

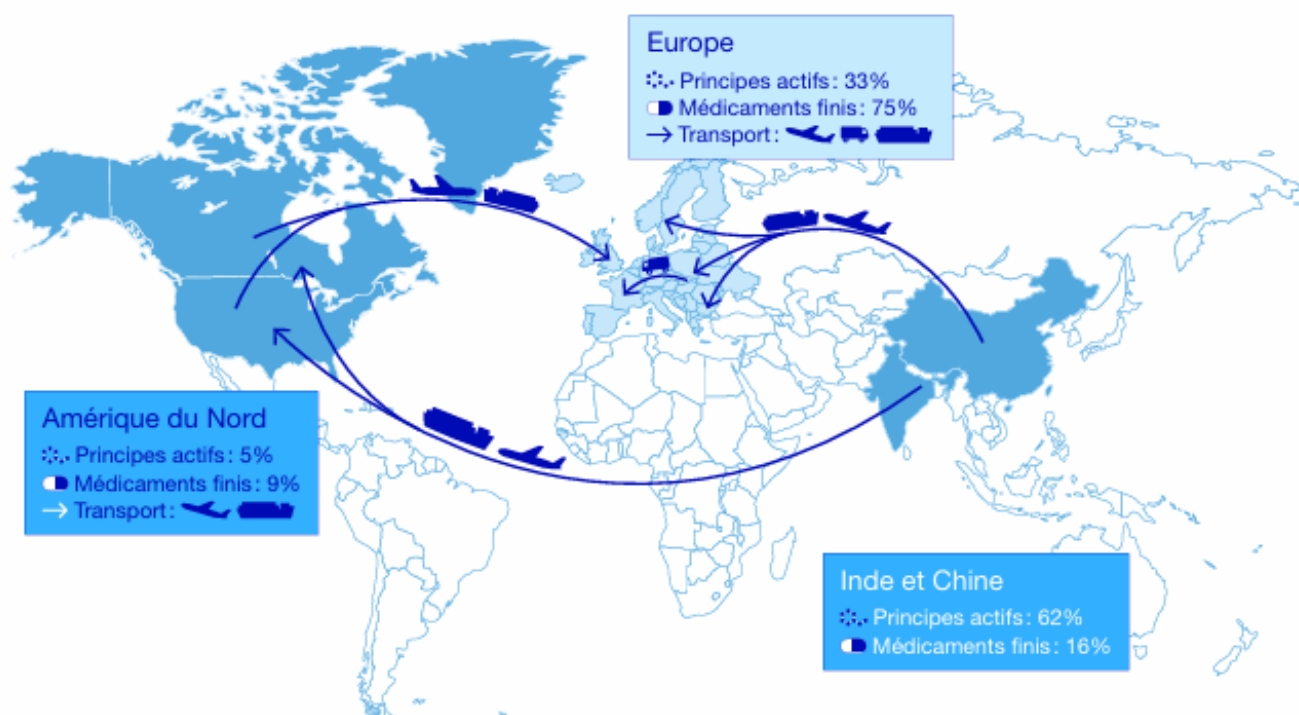


Figure 17 : Schéma de la répartition de la production des principes actifs dans le monde. [122]

Le changement climatique augmente la fréquence et la sévérité des événements extrêmes, ce qui rend les chaînes d'approvisionnement plus vulnérables. L'ouragan Ida, par exemple, a endommagé des installations industrielles aux États-Unis ; des inondations en Chine ont détruit des stocks de matières premières ; des incendies en Colombie-Britannique ont bloqué des voies de transport. Ces perturbations peuvent paralyser toute la chaîne logistique, en particulier dans un secteur comme le médicament où la production est très segmentée.[91]

Les interdictions d'exportation, mesures protectionnistes en temps de crise, aggravent ce phénomène. Lorsqu'un pays interrompt ses exportations, cela crée un effet domino incitant d'autres États à faire de même, aggravant les pénuries mondiales. Ces dynamiques ont été observées pendant la crise du COVID-19 lorsque l'Inde a suspendu l'exportation de plus de 20 API et de médicaments essentiels, dont le paracétamol et certains antiviraux. De même, la Chine a bloqué ses exportations d'ibuprofène pendant la flambée de COVID-19, illustrant la vulnérabilité des pays importateurs face aux décisions des producteurs.[123]

3. Pression économique et perte de compétitivité de l'Europe

Les hausses des prix de l'énergie pèsent lourdement sur les industries européennes. Certains médicaments essentiels, comme les génériques, deviennent peu ou non rentables à produire en Europe. Par exemple, la dernière usine européenne de paracétamol a fermé en France en 2008 pour des raisons économiques, et l'unique fabricant européen de tamoxifène a cessé son activité récemment pour la même raison, ce qui a provoqué une pénurie dans toute l'Europe.[123]

La guerre russo-ukrainienne a mis en lumière cette problématique. Les sanctions imposées à la Russie ont engendré des perturbations majeures sur les marchés mondiaux de l'énergie, provoquant une flambée des coûts du gaz et de l'électricité. Cela a affecté la rentabilité de nombreuses usines pharmaceutiques européennes.[124]

Les coûts de production ont explosé : +150 % pour le gaz, +112 % pour l'électricité, +93 % pour l'eau en Espagne par exemple[125]. Confrontés à ces coûts, de nombreux fabricants menacent de délocaliser encore davantage leur production vers l'Asie, où les coûts sont plus faibles et les réglementations environnementales moins contraignantes. Cette dynamique renforce la dépendance de l'Europe, réduisant sa résilience face aux crises futures (Figure 18).[126]

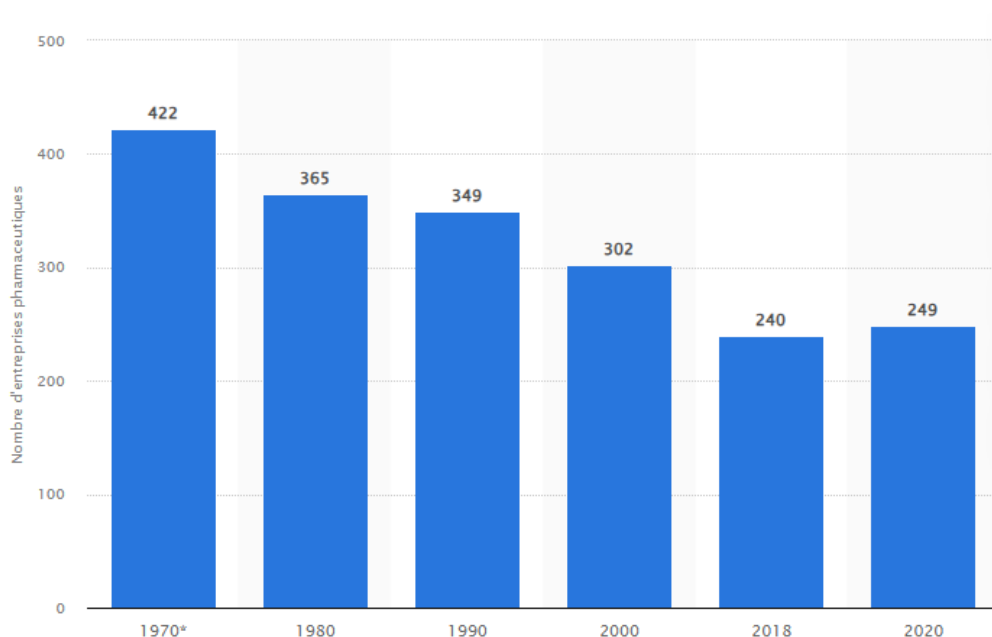


Figure 18 : évolution du nombre d'entreprises du médicament en France de 1970 à 2020. [127]

Depuis la crise du Covid-19, la France a intensifié ses efforts pour renforcer sa souveraineté sanitaire, en particulier pour le paracétamol, dont le principe actif était jusque-là presque entièrement importé de pays hors Europe. Dans ce cadre, le **plan**

France 2030 et le **dispositif Reconquête sanitaire** ont soutenu des investissements visant à relocaliser la production de médicaments essentiels, comme le projet de Seqens à Roussillon, destiné à produire localement le paracétamol. Ce projet met en lumière les difficultés structurelles de l'Europe pour maintenir sa compétitivité dans le secteur pharmaceutique. En effet, malgré une volonté politique, les coûts de production élevés, les délais réglementaires et les contraintes environnementales freinent le processus de réindustrialisation.[128]

Dans ce contexte, la relocalisation partielle de la production pharmaceutique en Europe semble être une priorité stratégique. Elle permettrait de réduire la vulnérabilité face aux chocs climatiques, géopolitiques ou économiques, et de garantir un meilleur accès aux médicaments essentiels. Pour être effective, cette relocalisation devra s'accompagner de politiques publiques telles qu'un soutien financier, des incitations à l'innovation, une coordination européenne mais aussi la nationalisation de certaines productions essentielles pour éviter une dépendance à des entreprises privées.

Partie III : Stratégie d'adaptation de l'officine en France

Les facteurs à l'origine des tensions d'approvisionnement en médicaments, liés notamment aux dérèglements climatiques, aux crises sanitaires et aux contraintes géopolitiques, ont été mis en évidence dans la partie précédente. Face à ces enjeux, l'officine doit adapter son organisation et ses pratiques afin d'assurer la continuité des soins. Cette troisième partie s'intéresse aux stratégies d'adaptation permettant de renforcer la résilience de l'officine face aux conséquences du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité.

CHAPITRE I : Stratégie de renforcement et de gestion des stocks

1. Gestion des rotations de stock

Dans un contexte marqué par une augmentation des tensions d'approvisionnement en médicaments, la gestion des rotations de stock en officine devient stratégique. Le dérèglement climatique vient fragiliser une chaîne pharmaceutique déjà mondialisée et complexe. Dans ce cadre, limiter le gaspillage de médicaments par une rotation efficace des stocks devient non seulement un enjeu économique et sanitaire, mais aussi une mesure d'adaptation concrète face aux pénuries. Limiter les pertes par péremption, revient à renforcer la résilience de la chaîne d'approvisionnement en santé. [129]

Parmi les méthodes de gestion des flux, la plus répandue est celle du « **premier entré, premier sorti** » (PEPS ou FIFO – First In, First Out), qui consiste à écouler en priorité les produits les plus anciens, en fonction de leur date d'entrée en stock. Ce principe favorise une rotation ordonnée, notamment lorsqu'il est couplé à un rangement rigoureux. En effet, placer systématiquement en avant les articles plus anciens incite à leur écoulement en priorité.[130]

Cependant, le secteur pharmaceutique nécessite une vigilance accrue vis-à-vis des dates de péremption. C'est pourquoi une autre méthode, dite « **premier périmé, premier sorti** » (FEFO – First Expired, First Out), est souvent privilégiée. Contrairement au FIFO, le FEFO ne se base pas sur la date d'entrée en stock, mais sur la date d'expiration du produit. Cette méthode permet d'écouler d'abord les références les plus proches de leur date limite, même si elles ont été reçues après d'autres. Elle est particulièrement adaptée aux produits de santé, où le respect des dates de péremption est un enjeu réglementaire et sanitaire. L'intégration du FEFO dans l'organisation quotidienne des rayonnages permet de renforcer la sécurité des délivrances tout en limitant les pertes.[131]

Parallèlement, la réalisation régulière d'inventaires est indispensable pour repérer les produits arrivant à échéance et ajuster les commandes en conséquence. Une planification fine des approvisionnements, basée sur la consommation réelle, est cruciale pour éviter le surstockage, qui augmente le risque de pertes, ou, à l'inverse, le sous-stockage, source de ruptures.[132]

L'utilisation d'outils numériques adaptés renforce l'efficacité de cette gestion. Les logiciels de gestion de stock permettent de suivre précisément les mouvements de produits, de fixer des seuils d'alerte et, pour les plus avancés, d'ajuster

automatiquement les quantités minimales et maximales. La prise en compte de la consommation moyenne mensuelle (CMM), ainsi que de la saisonnalité (ex. : hausse des ventes d'antiallergiques au printemps), renforce cette capacité d'anticipation. Ce système de gestion semi-dynamique garantit une meilleure réactivité face aux fluctuations de la demande. [133]

De plus, l'introduction des codes-barres 2D facilite la saisie automatique des dates de péremption à la réception des produits, réduisant ainsi les erreurs humaines et les oublis. Cette technologie améliore la fiabilité du suivi des lots et permet une mise en œuvre plus rigoureuse de la méthode FEFO.[133]

Le taux de rotation des stocks constitue également un indicateur clé. Celui-ci reflète la fréquence à laquelle un stock est écoulé puis renouvelé sur une période donnée. Un taux élevé est synonyme d'une gestion fluide et adaptée à la demande, tandis qu'un taux faible peut signaler une accumulation inutile ou une mauvaise anticipation. L'analyse de cet indicateur permet non seulement de détecter les anomalies de gestion, mais aussi de réduire les coûts de stockage et d'optimiser les ressources.[134]

Dans ce contexte, certaines officines choisissent également de maintenir un stock de sécurité, c'est-à-dire une réserve minimale de produits permettant de faire face aux aléas d'approvisionnement ou aux hausses imprévues de la demande. Cette pratique, bien que non encadrée de manière stricte par la réglementation, s'inscrit dans une logique d'anticipation des tensions d'approvisionnement, notamment en cas d'événements climatiques extrêmes, d'épidémies ou de retards logistiques. Elle concerne particulièrement les médicaments à fort enjeu thérapeutique (insuline, antiépileptiques, traitements chroniques), ainsi que les produits essentiels en période de pics saisonniers. Le niveau de ce stock tampon varie selon le rythme de livraison, la taille de l'officine et son contexte local (rural, urbain, zone isolée, etc.). Il s'agit d'un levier d'adaptation face aux incertitudes croissantes qui pèsent sur la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique. Toutefois, cette pratique doit rester mesurée et coordonnée, car des surstockages non concertés entre officines peuvent aggraver les tensions d'approvisionnement, en créant des ruptures artificielles au niveau local et en compromettant l'équité d'accès aux traitements.[135]

Ainsi, la gestion de la rotation des stocks en officine repose sur une organisation cohérente entre méthodes logistiques (FIFO, FEFO) et technologiques. Elle permet d'assurer à la fois la continuité de l'offre, la sécurité sanitaire, et la maîtrise des pertes économiques.

2. Diversification des fournisseurs : une stratégie d'anticipation face aux pénuries

a. Les enjeux de la diversification de fournisseurs

Dans un contexte d'augmentation des tensions d'approvisionnement, la diversification des fournisseurs est une démarche stratégique pour limiter la vulnérabilité de l'officine. Elle repose sur la mobilisation de plusieurs acteurs. On retrouve les grossistes-répartiteurs, les laboratoires en direct, et les centrales d'achat. Cette diversité permet de réduire les risques de rupture liés à la dépendance à un seul acteur. D'après l'Ordre

national des pharmaciens, les officines qui diversifient leurs sources d'approvisionnement font preuve d'une meilleure capacité de résilience face aux pénuries. [136]

Les grossistes-répartiteurs restent les principaux partenaires des officines. Ils assurent une livraison quotidienne, mutualisent les stocks et permettent aux pharmacies de ne pas mobiliser de capitaux excessifs dans des réserves importantes. Toutefois, en cas de rupture nationale, les laboratoires appliquent souvent des restrictions de livraisons aux grossistes, qui eux-mêmes répartissent les quantités disponibles selon des quotas imposés aux officines. De plus, lorsqu'une pharmacie dépend d'un seul grossiste, elle peut se retrouver en grande difficulté si ce partenaire connaît une tension logistique. [137]

L'approvisionnement direct auprès des laboratoires constitue une solution pour obtenir certains médicaments en tension. Il permet parfois de bénéficier d'un canal alternatif aux grossistes, notamment pour certains médicaments peu demandés ou spécialisés, que les grossistes n'ont pas toujours en stock. Mais cette stratégie n'est pas toujours accessible puisque certains laboratoires imposent des conditions minimales de commande, des modalités de facturation contraignantes, ou réservent leurs livraisons aux groupements et aux pharmacies à haut chiffre d'affaires. En outre, l'absence de contrat préalable peut ralentir les démarches. Par ailleurs, ce mode d'approvisionnement peut entraîner une empreinte carbone accrue. En effet, les livraisons directes sont généralement moins mutualisées que celles des grossistes-répartiteurs, dont la logistique est optimisée par des tournées regroupées. [137]

Les centrales d'achat, quant à elles, offrent un levier intéressant pour mutualiser les commandes et négocier des conditions commerciales avantageuses au sein de groupements. Elles donnent accès à des stocks mutualisés pour faire face aux tensions d'approvisionnement, à des produits distribués sous leur propre marque (souvent plus disponibles que les produits de laboratoires classiques), ainsi qu'à des conditions tarifaires avantageuses. Contrairement à certaines idées reçues, l'adhésion à une centrale d'achat n'implique pas une exclusivité. Les pharmacies peuvent continuer à se fournir chez d'autres distributeurs si besoin. Toutefois, des engagements contractuels sont souvent imposés, comme un volume minimum d'achat ou l'obligation de privilégier certains produits ou marques du fournisseur, ce qui peut limiter la liberté de l'officine de se tourner vers d'autres sources en cas de rupture. La centrale d'achat est donc un partenaire stratégique, mais dont les conditions doivent être négociées avec vigilance. [138]

b. Les contraintes de la diversification

Dans la pratique, la mise en œuvre d'une stratégie de diversification dépend de plusieurs facteurs.

Tout d'abord, le statut juridique et le degré d'autonomie commerciale de la pharmacie influencent fortement sa capacité à diversifier ses fournisseurs. Une officine totalement indépendante pourra plus facilement adapter sa stratégie d'achat, tandis qu'une pharmacie liée à un groupement ou à une enseigne (pharmacie franchisée) devra souvent respecter des engagements contractuels.

Ensuite, les contrats commerciaux négociés avec les fournisseurs peuvent comprendre des clauses restrictives. Par exemple, certains contrats signés avec des grossistes ou des centrales d'achat prévoient des engagements de volume annuel, en

contrepartie de remises de fin d'année (RFA), de conditions logistiques ou d'un meilleur taux de service. Même s'il ne s'agit pas de véritables clauses d'exclusivité, ces offres peuvent freiner le recours à d'autres fournisseurs, sous peine de perdre les avantages négociés.[139]

La diversification peut également être freinée par des contraintes logistiques et organisationnelles. Multiplier les fournisseurs implique de gérer plusieurs flux de commandes, différents systèmes de facturation, et une logistique de réception plus complexe. Cela demande du temps, des outils de suivi efficaces, et parfois un personnel plus nombreux ou plus formé.[140]

Enfin, la capacité du pharmacien à négocier et à entretenir des relations commerciales solides joue un rôle clé. Ceux qui disposent d'un bon réseau, via leur groupement, des partenariats directs ou des associations locales, parviennent plus facilement à sécuriser des alternatives d'approvisionnement efficaces.[140]

c. En pratique : comment les officines s'adaptent

La façon dont les pharmacies mettent en œuvre la diversification dépend étroitement de leur taille, de leur localisation (urbaine ou rurale) et de leur organisation interne. Certaines officines ont pris l'initiative de constituer en amont un référentiel de fournisseurs alternatifs, avec les contacts, conditions et modalités de livraison. Cela leur permet de basculer rapidement vers une autre source d'approvisionnement en cas de rupture.

Lors de la crise des antibiotiques de l'hiver 2022-2023, plusieurs officines ont partagé leurs stratégies. Certains pharmaciens ont commandé directement auprès de laboratoires sans contrat préexistant, en activant des relations commerciales ponctuelles pour répondre à l'urgence. D'autres officines ont fait appel à leur groupement pour localiser les produits en tension, soit en consultant les plateformes d'achat internes, soit en contactant d'autres pharmacies adhérentes qui avaient encore du stock disponible. Enfin, certains ont eu recours à des réseaux d'entraide entre officines locales pour échanger des stocks ou recommander des solutions de substitution [141]

Face aux pénuries croissantes, la diversification des fournisseurs constitue un pilier essentiel de résilience pour les officines. Il s'agit d'une stratégie proactive basée sur la complémentarité des canaux existants, la flexibilité des contrats commerciaux et la réactivité des équipes. Bien que des obstacles logistiques et structurels subsistent, de nombreux pharmaciens montrent qu'une adaptation est possible pour continuer à répondre aux besoins des patients malgré les ruptures.

3. Outils nationaux de gestion des stocks

a. Vigirupture

Face à l'augmentation des ruptures de stock en officine, des outils numériques ont vu le jour pour mieux gérer l'approvisionnement en médicaments et renforcer la solidarité entre pharmaciens. **VigiRupture** est l'un des dispositifs les plus emblématiques dans le domaine. Créé en 2019 par Offisanté, ce service gratuit et exclusivement réservé

aux professionnels de santé permet aux pharmacies de partager, en temps réel, leurs données de stock. Grâce à une carte interactive alimentée automatiquement à partir des logiciels métiers utilisés en officine, chaque pharmacien peut localiser en quelques secondes une pharmacie disposant d'un médicament en tension.[142]

L'outil s'intègre directement à la majorité des logiciels de gestion d'officine du marché, tels que LGPI, Winpharma, Opus, Léo, Pharmaland, Logiphar, Actipharm ou encore SmartRx. Cela signifie que plus de 95 % des officines françaises peuvent potentiellement participer au réseau. Fin juin 2024, près d'un tiers d'entre elles y étaient déjà connectées, preuve de l'intérêt croissant pour cette solution en période de pénurie.[142]

L'avantage de VigiRupture est double. D'une part, il facilite le dépannage entre confrères en officine, en permettant d'orienter rapidement un patient vers une pharmacie disposant du médicament recherché. Cela réduit non seulement les déplacements inutiles mais évite également des ruptures de traitement qui peuvent entraîner des conséquences graves, notamment pour les patients chroniques. D'autre part, l'outil soulage les équipes officinales en diminuant le temps passé à appeler les pharmacies alentour. On estime aujourd'hui que VigiRupture permettrait le dépannage de près de 2000 patients par jour. [143]

Le système est automatisé, les mises à jour des données se font chaque nuit sans intervention manuelle du pharmacien, ce qui garantit à la fois fiabilité et gain de temps. Pour assurer la qualité des informations affichées, les pharmacies qui ne mettent pas à jour leur stock pendant trois jours consécutifs sont temporairement retirées de la carte. Ce mécanisme évite la diffusion de données erronées et contribue à maintenir un haut niveau de confiance dans le réseau. Du point de vue de la confidentialité, VigiRupture est réservé strictement aux professionnels de santé. Les patients ne peuvent pas consulter la carte, ce qui évite un éventuel détournement de l'outil ou une pression excessive sur certaines officines. [142]

Malgré ses avantages, VigiRupture présente certaines limites. Tout d'abord, son efficacité repose sur une large participation volontaire des officines. Or, de nombreuses pharmacies ne sont pas encore connectées à la plateforme, ce qui limite la couverture réelle du réseau, notamment dans certaines zones rurales. Ensuite, bien que les données soient mises à jour automatiquement, elles ne sont pas en temps réel. Il peut donc y avoir un décalage entre l'information affichée et la réalité du stock, notamment pour les médicaments très demandés. De plus, certains pharmaciens peuvent hésiter à partager leurs données commerciales, craignant une perte de compétitivité ou un déséquilibre d'entraide entre officines. Enfin, bien que VigiRupture soit conçu comme une plateforme sécurisée et conforme aux normes réglementaires, un risque d'insécurité numérique subsiste, lié notamment à d'éventuelles cyberattaques. Cependant, l'accès restreint aux professionnels autorisés et la traçabilité des échanges limitent fortement ces risques.[143]

Aujourd'hui, VigiRupture apparaît tout de même comme un levier de résilience du maillage officinal, particulièrement utile dans les zones rurales ou en période de forte tension d'approvisionnement.

b. DP-Rupture

Depuis 2016, le **DP-Ruptures** s'est imposé comme un pilier central de la lutte contre les ruptures d'approvisionnement en officine. Cette plateforme, développée par le Conseil national de l'Ordre des pharmaciens (CNOP), automatise la déclaration des ruptures via les logiciels métiers. Dès qu'une pharmacie ne peut obtenir un médicament après 72 heures, malgré deux sollicitations de grossistes, la rupture est signalée automatiquement au laboratoire concerné et aux autorités sanitaires (ANSM). [144](Figure 19 : Fonctionnement du DP-Ruptures et interactions avec les différents acteurs [145]

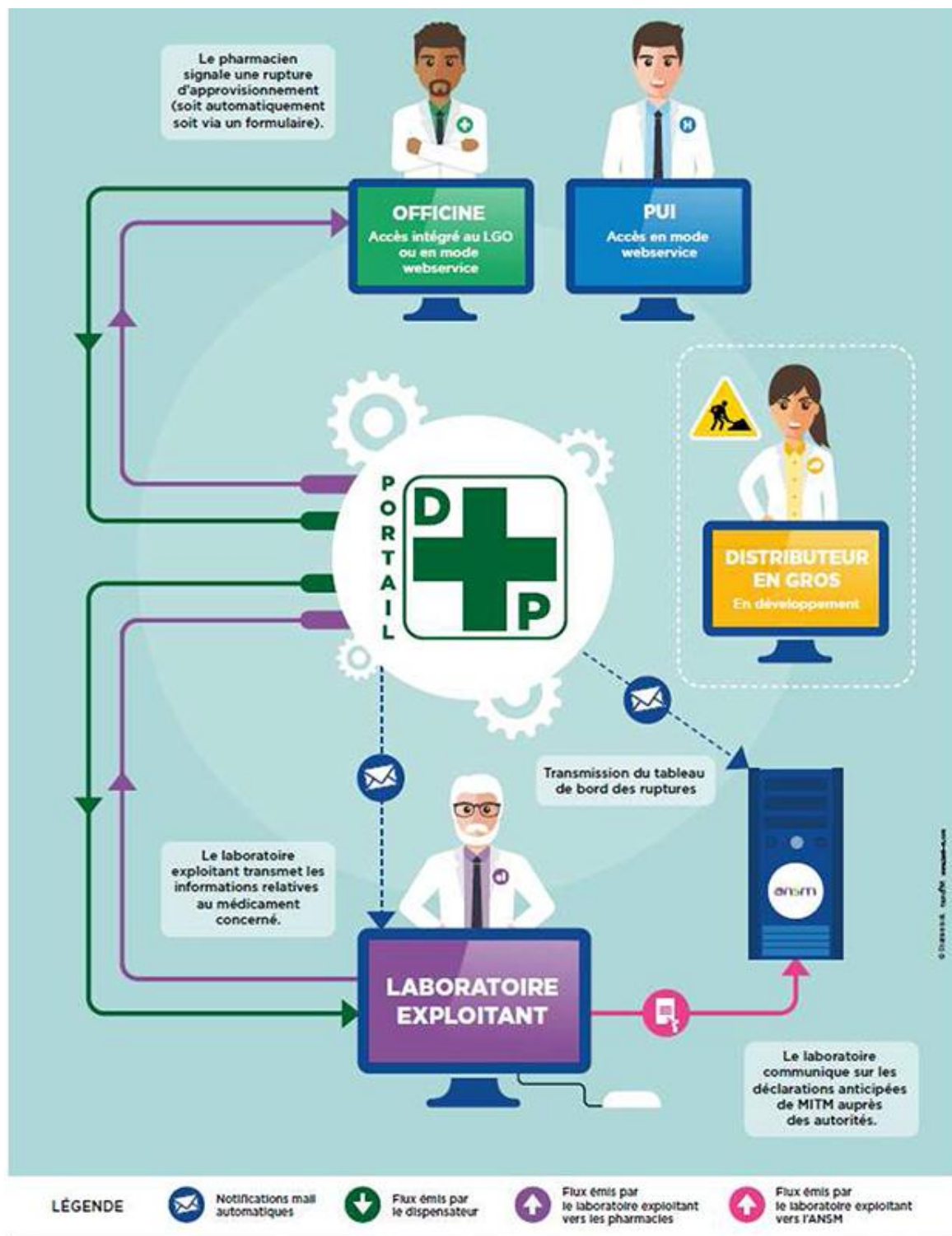


Figure 19 : Fonctionnement du DP-Ruptures et interactions avec les différents acteurs [145]

Sur le **portail DP**, des pharmaciens responsables (PR) ont accès à des éléments clés pour renseigner chaque situation. Ils peuvent communiquer l'origine de la rupture (fabricant, grossiste ou local), la date prévisionnelle de retour si connue, d'éventuels report vers d'autres dosages ou formes, ainsi que l'existence d'alternatives thérapeutiques. Cela permet au pharmacien d'officine de proposer une réponse adaptée au patient et, si besoin, au prescripteur.[144]

Une fonctionnalité majeure, appelée **Demande de Dépannage d'Urgence (DDU)**, a été intégrée aux logiciels métiers officinaux à partir de l'été 2021. Elle concerne les MITM ainsi que certains traitements destinés à un nombre restreint de patients pour lesquels l'interruption est fortement déconseillée. Le pharmacien est alerté directement dans son logiciel lorsque le produit est éligible au DDU. En cas de rupture, il peut alors la déclarer et adresser immédiatement une demande de dépannage d'urgence au laboratoire. [146]

Juridiquement, le DP-Ruptures a gagné en poids institutionnel à travers l'article 76 de la loi de financement de la sécurité sociale pour 2025, qui l'inscrit désormais dans le Code de la santé publique comme système d'information officiel sur la disponibilité des MITM. Cette transformation lui confère une base légale solide. [147]

Carine Wolf-Thal, présidente du CNOP, a souligné que le DP-Ruptures connecte 99 % des pharmacies d'officine aux laboratoires qui assurent plus de 84 % de la production de médicaments disponibles en France, constituant ainsi un outil précieux pour alerter et informer en toute transparence. [147]

Le dispositif s'étend aujourd'hui à l'ensemble des acteurs de la chaîne pharmaceutique. En effet, les PUI (pharmacies à usage intérieur) accèdent au DP via un portail web (connexion sécurisée) et peuvent consulter ou déclarer des ruptures. Les grossistes-répartiteurs, grâce à une convention signée avec le CNOP, bénéficient d'un accès personnalisé en lecture pour consulter les ruptures signalées. Enfin, l'outil contribue à produire des statistiques précises sur les ruptures, permettant aux autorités sanitaires d'avoir une vision fine de la situation (MITM, durées, classes thérapeutiques touchées). [146]

Cependant, malgré ses nombreux atouts, le DP-Ruptures présente des limites. Tout d'abord, le système enregistre un nombre considérable de signalements, car toutes les ruptures déclarées par les pharmaciens y sont centralisées. Cette accumulation, associée à des options de tri limitées, complique l'analyse des données et tend à noyer les alertes véritablement importantes. [148]

Ensuite, un autre point de vigilance concerne la validité et la qualité de l'information transmise. En effet, certains professionnels alertent sur le fait que les dates de retour à la normale ou d'indisponibilité peuvent être imprécises, voire dépassées, ce qui freine la capacité des pharmaciens à gérer efficacement les ruptures. [148]

En conclusion, les outils nationaux comme DP-Ruptures et Vigirupture jouent un rôle clé dans la détection et la gestion des ruptures d'approvisionnement en médicaments. Ils offrent aux pharmaciens une meilleure visibilité et des moyens d'action pour sécuriser l'accès aux traitements. En automatisant la déclaration des ruptures et en centralisant les informations, ces plateformes favorisent la coordination entre officines, laboratoires et autorités sanitaires. Cependant, leurs performances restent limitées par des contraintes telles que la participation non obligatoire ou encore la qualité variable des données. Pour optimiser la gestion des tensions d'approvisionnement à l'échelle nationale, il sera essentiel d'améliorer la couverture et la fiabilité de ces systèmes, tout en facilitant leur utilisation par tous les acteurs de la chaîne pharmaceutique.

Si la mise en place de stratégies de renforcement et de gestion des stocks constitue une réponse essentielle face aux ruptures, elle ne suffit pas à elle seule à garantir la continuité des traitements. En effet, l'efficacité de ces mesures dépend aussi de la compréhension et de l'adhésion des patients. Dans ce contexte, l'information et

l'éducation deviennent des leviers indispensables pour accompagner les usagers, prévenir les comportements inadaptés et favoriser une meilleure acceptation des alternatives thérapeutiques en période de tension d'approvisionnement.

CHAPITRE II : Education des patients

Dans un contexte où le système de santé fait face à des tensions croissantes, l'éducation des patients apparaît comme un moyen pour renforcer l'efficacité et la soutenabilité des prises en charge. Elle ne se limite pas à l'accompagnement thérapeutique, mais englobe aussi la prévention, la promotion de la santé et l'adoption de comportements responsables vis-à-vis du médicament. Elle permet ainsi de replacer le patient au centre des stratégies de santé, en l'impliquant dans la préservation de son bien-être et dans la conservation des ressources.[63]

1. Sensibilisation des patients à la gestion de leurs propres stocks de médicaments

La surconsommation et le stockage excessif de médicaments constituent aujourd'hui un enjeu sanitaire, économique et environnemental majeur. En France, près de huit consultations médicales sur dix se concluent par une prescription, soit davantage que dans la majorité des pays européens. Cette habitude entretient une consommation médicamenteuse parfois supérieure aux besoins réels, pouvant générer des résistances (notamment aux antibiotiques), des hospitalisations évitables, ainsi que des tensions d'approvisionnement. [149]

Plusieurs études montrent que la constitution de stocks domestiques est fréquente. En Jordanie, par exemple, 44 % des foyers déclaraient stocker des médicaments en prévision de besoins futurs, souvent sans conscience des risques associés [150]. En France, cette tendance a été renforcée lors des crises sanitaires, notamment l'épidémie de H1N1 où le stockage massif de Tamiflu avait créé des tensions artificielles sur l'approvisionnement. [151]

Ces comportements reflétant la peur de manquer, soulèvent plusieurs problématiques. Sur le plan sanitaire, ils exposent les patients à des risques liés à la conservation inappropriée des médicaments, pouvant entraîner une perte d'efficacité, voire une toxicité. Ils augmentent également les dangers d'ingestion accidentelle, notamment chez les enfants, et favorisent les usages abusifs dans le cas de substances à potentiel addictif. Au niveau collectif, le stockage excessif contribue à accentuer les tensions sur l'approvisionnement et peut générer des pénuries artificielles. Enfin, sur le plan environnemental, l'accumulation de médicaments non utilisés aboutit fréquemment à leur élimination dans les ordures ménagères ou les eaux usées, avec des conséquences nocives pour les écosystèmes et l'amplification de la RAM. Le rôle du pharmacien est central dans cette démarche d'éducation. Par ses conseils, il peut encourager les patients à renouveler leurs traitements au moment opportun, c'est-à-dire avant d'être à court mais sans anticipation excessive. Il peut également les sensibiliser à l'importance d'éviter les ordonnances de sécurité ou de conserver des traitements devenus inutiles.[149]

2. Promotion de la santé et prévention

L'éducation des patients ne peut se limiter au bon usage du médicament. Elle doit aussi s'inscrire dans une démarche plus globale de promotion de la santé et de

prévention, afin d'agir en amont des maladies et de réduire le recours aux soins curatifs.

a. Le rôle central de la prévention dans la prise en charge des patients

L'OMS définit la prévention comme l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, et distingue plusieurs niveaux. La prévention primaire vise à empêcher l'apparition même de la maladie. Elle repose notamment sur des mesures telles que la vaccination, la promotion d'une alimentation équilibrée, l'activité physique régulière ou encore la lutte contre des comportements à risque comme le tabagisme et la consommation excessive d'alcool. La prévention secondaire intervient quant à elle après l'installation de la maladie, mais dans une phase précoce, afin de la détecter rapidement et de limiter son évolution. C'est le cas par exemple du dépistage des cancers ou du suivi systématique de certaines pathologies chroniques. La prévention tertiaire concerne les personnes déjà atteintes par une maladie et a pour objectif de réduire ses complications, d'éviter les rechutes et d'améliorer la qualité de vie. On peut citer, à titre d'exemple, les programmes de rééducation après un accident vasculaire cérébral ou la prise en charge éducative des patients diabétiques. Enfin, la prévention quaternaire vise à limiter les actes médicaux inutiles ou potentiellement iatrogènes, en encourageant une prescription raisonnée et en luttant contre la surmédicalisation.[63]

Lorsqu'on analyse les déterminants de l'état de santé en France, on remarque que les soins proprement dits ne représentent qu'environ 15 % de l'influence totale, tandis que 85 % relèvent de facteurs extra-médicaux tels que les comportements individuels, l'environnement ou encore le contexte socio-économique. Pourtant, même si près de 70 % de ces déterminants pourraient être influencés positivement, la répartition des dépenses de santé ne suit pas cette logique. En France, la quasi-totalité du budget (98 %) est consacrée aux soins curatifs, tandis que la prévention et la promotion de la santé ne bénéficient que d'une part très limitée (Figure 20). Ce déséquilibre interroge sur la capacité du système de santé à anticiper les besoins plutôt qu'à se concentrer presque exclusivement sur leur traitement.[152]

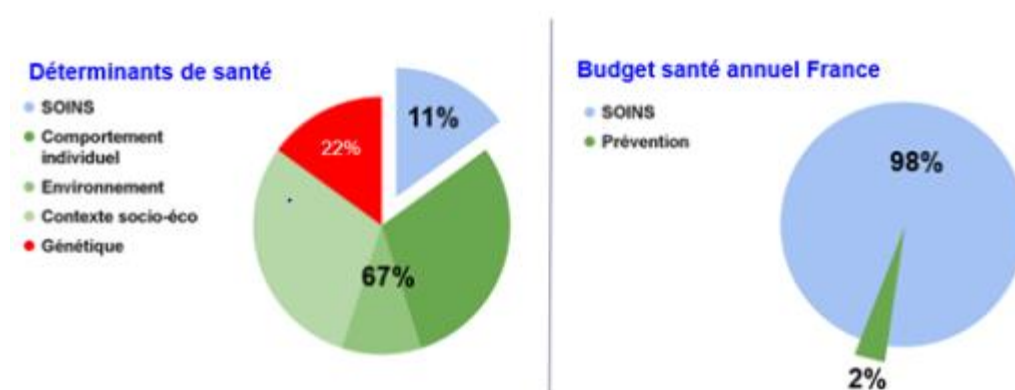


Figure 20 : Comparaison des déterminants de la santé d'une population et du budget santé en France. [152]

Le manque de prévention en santé contribue à l'augmentation de la prévalence des maladies non transmissibles, telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires ou

l'hypertension. Cette hausse des maladies liées au mode de vie entraîne inévitablement un recours accru aux traitements médicamenteux pour gérer ces pathologies. Comme le montrent les données du programme Healthy Lifestyle (HLCP-2), des interventions de prévention centrées sur le mode de vie permettent de réduire l'utilisation de médicaments pour ces maladies. À l'inverse, l'absence de ces mesures préventives se traduit par une consommation plus importante de médicaments, ce qui exerce une pression supplémentaire sur les chaînes d'approvisionnement pharmaceutiques déjà fragilisées et accentue le risque de pénuries.[153] A titre d'exemple, près de la moitié des participants (49 %) à un programme structuré de prévention du diabète ont pu réduire ou arrêter leurs médicaments hypoglycémifiants après six mois d'accompagnement, et plus de la moitié (54 %) ont diminué leur traitement après une intervention intensive sur le mode de vie sur un an. Bien que ces résultats concernent principalement le diabète, cet exemple illustre un mécanisme potentiellement transposable à d'autres pathologies chroniques. Dans ce contexte, les pharmaciens ont un rôle central à jouer dans la promotion de la prévention et l'accompagnement des patients vers des changements durables de mode de vie.[154]

Parmi les initiatives récentes, on peut citer la prescription de nature, qui illustre la volonté d'explorer d'autres leviers de prévention et de bien-être. Elle consiste à prescrire des activités de plein air (marche, sport, temps passé en espaces verts), dont l'efficacité est démontrée sur la santé mentale (réduction du stress, de l'anxiété et de la dépression) et physique (baisse des risques cardiovasculaires et métaboliques). [155]

b. Nouvelles missions du pharmacien dans la prévention

Le pharmacien occupe une place stratégique pour déployer ces actions de prévention et de promotion de la santé. Ses compétences et missions se sont considérablement élargies ces dernières années [156] :

- **Vaccination** : elle peut être réalisée chez les adultes ainsi que chez les enfants de plus de 11 ans, pour l'ensemble des vaccins mentionnés dans le calendrier vaccinal en vigueur, conformément aux recommandations officielles. Cela contribue à améliorer la couverture vaccinale de la population.
- **Dépistages** : cancer colorectal, angines (TROD streptocoque A), cystites par bandelette urinaire. Ces tests permettent d'éviter des prescriptions inutiles d'antibiotiques et de lutter contre l'antibiorésistance.
- **Bilans de prévention** : proposés à différentes tranches d'âge pour anticiper les risques de santé et orienter vers une prise en charge adaptée.
- **Entretiens pharmaceutiques** : accompagnement des patients chroniques (asthme, anticoagulants, anticancéreux oraux...), suivi des femmes enceintes, bilans partagés de médication pour les patients polymédiqués.

Ces nouvelles missions renforcent le rôle éducatif du pharmacien auprès du patient, en le rendant acteur de sa santé et en favorisant une meilleure observance thérapeutique. Elles s'inscrivent dans une logique de juste soin afin de délivrer le traitement adapté, au bon moment, en évitant les actes et prescriptions superflus. [63]

En définitive, l'éducation des patients apparaît comme un pilier majeur pour favoriser un usage raisonné du médicament, améliorer l'adhésion thérapeutique et promouvoir des comportements de santé plus responsables. Elle permet de réduire les risques liés au stockage domestique, de limiter la surconsommation et de renforcer la prévention, contribuant ainsi à la fois à la qualité des soins et à la soutenabilité du système de santé. Toutefois, si la responsabilisation individuelle constitue un levier important, elle ne peut, à elle seule, répondre aux enjeux globaux de disponibilité du médicament. La réflexion doit donc également s'élargir à d'autres maillons de la chaîne pharmaceutique, et notamment aux choix en matière d'approvisionnement. C'est dans cette perspective que s'inscrit la partie suivante, consacrée à l'importance du recours à des fournisseurs plus durables, afin de sécuriser les approvisionnements tout en réduisant l'empreinte écologique du secteur.

CHAPITRE III : Choix de fournisseurs plus durables

1. Outils de mesure de l'impact environnemental des produits pharmaceutiques

a. Indice Vert (CAHPP) : un outil majeur pour les achats durables

L'**Indice Vert**, mis en place dès 2012 par la CAHPP (Centrale d'Achats de l'Hospitalisation Publique et Privée), constitue le premier baromètre RSE dédié aux fournisseurs du secteur de la santé. Il évalue chaque fournisseur selon un questionnaire de plus de 40 questions, structuré autour des cinq thématiques majeures de la RSE telles que définies par la norme ISO 26000.[157]

L'évaluation consiste en l'obtention d'une note sur 100, traduite en mentions allant de C à A++, et visible dans le catalogue de référencement des établissements de santé, facilitant ainsi les décisions d'achat responsables. Depuis 2024, une version contrôlée de l'Indice Vert permet en outre de valider les données déclaratives par des vérifications sur site, ce qui renforce la crédibilité du dispositif.[157] (Figure 21)

L'Indice prend désormais en compte des axes essentiels comme la préservation de la biodiversité, la localisation des fournisseurs (réduction des distances), ou encore l'optimisation des commandes, afin de limiter l'impact logistique. Dans un contexte de pénurie de médicaments, basculer vers des fournisseurs bien notés (A, A+ ou A++) grâce à l'Indice Vert peut permettre de renforcer la résilience de la chaîne d'approvisionnement tout en réduisant les impacts environnementaux.[157]

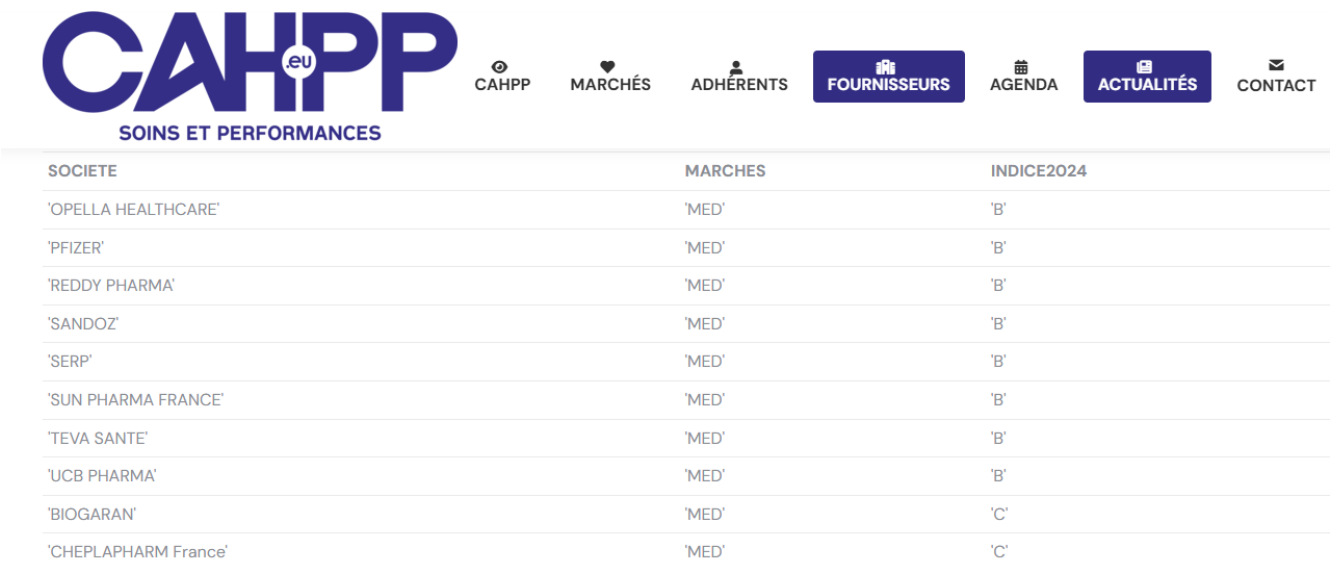


Figure 21 : Résultats des évaluations 2024 concernant plusieurs laboratoires pharmaceutiques.[157]

b. Ecovamed : empreinte carbone et analyse de cycles de vie automatisée

Ecovamed est une société spécialisée dans l'évaluation de l'empreinte carbone des produits de santé. Elle développe des outils et des méthodes fondés sur l'**analyse de**

cycle de vie (ACV), et met à disposition une **base de données complète** destinée aux professionnels de santé, notamment les pharmaciens et les médecins. Cette méthodologie prend en compte la fabrication, la distribution ainsi que l'origine géographique des composants et couvre ainsi l'ensemble des étapes clés.[158]

Ecovamed recommande un examen global du parcours de soins (bâtiments, transports, produits, déchets) pour identifier les leviers prioritaires d'impact environnemental, ce qui permet d'optimiser les actions, en évitant de se focaliser sur des éléments secondaires. Cette approche est particulièrement intéressante face aux enjeux actuels, elle permet de prioriser les interventions pour réduire l'empreinte de la santé, tout en sécurisant les approvisionnements et les usages.[158]

Un tel outil gagnerait à être rendu public et intégré dans l'ensemble des logiciels de gestion officinaux. Cela permettrait de démocratiser l'accès à l'information environnementale et d'accompagner les décisions quotidiennes en officine. Par exemple, lors des commandes, les pharmaciens pourraient comparer rapidement l'impact carbone de deux médicaments équivalents et orienter leurs choix de manière plus responsable.

c. Initiative nationale : le “Carbone-Score” pour les médicaments en France

La Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) a annoncé, dans son rapport « charges et produits 2025 », un projet visant à « décarboner le médicament ». L'objectif est de construire une méthodologie permettant aux industriels de calculer l'empreinte carbone de chaque médicament, éventuellement traduite sous la forme d'un « **Carbone-Score** » apposé sur les boîtes de médicaments, à l'image du Nutri-Score alimentaire.[159]

Un tableur type a été proposé pour permettre aux industriels d'entrer des données comme l'origine des API, les excipients, les facteurs d'émission, etc., afin de générer un score carbone fiable. Ce dispositif pourrait devenir un critère d'évaluation dans l'octroi des AMM, les dispositifs de remboursement, les appels d'offres hospitaliers ou officinaux.[122]

À la différence d'Ecovamed, le Carbone-Score est une démarche institutionnelle plus large. Son objectif est de standardiser et rendre visible l'empreinte carbone des médicaments. La méthodologie employée est volontairement moins détaillée que celle d'Ecovamed. En effet, elle ne repose pas sur une analyse complète et précise du cycle de vie, mais sur une approche simplifiée permettant une lecture rapide et visuelle. Le Carbone-Score est donc pensé non seulement pour les professionnels de santé (médecins, pharmaciens, acheteurs hospitaliers) mais aussi pour les patients, afin de les sensibiliser à l'impact environnemental des traitements. [159]

Cela représenterait une avancée majeure vers la transparence et la prise en compte du critère environnemental dans les décisions de santé publique.

2. Favoriser les circuits courts

Dans un contexte marqué par la multiplication des pénuries de médicaments, la question des circuits courts semble évidente. Réduire la dépendance à des chaînes mondialisées et privilégier des fournisseurs plus régionaux ne répond pas seulement à une exigence écologique. Il s'agit également d'un outil de sécurisation de l'accès aux traitements essentiels. Les circuits courts apportent donc un double bénéfice en diminuant l'empreinte carbone de la chaîne pharmaceutique tout en la rendant plus robuste face aux crises.

a. Limiter l'impact environnemental lié au transport

Le transport des médicaments représente une part importante de l'empreinte carbone du secteur de la santé. Or les chaînes actuelles, extrêmement mondialisées, nécessitent de longs trajets entre les sites de production, de conditionnement et de distribution. Ces flux, souvent réalisés en avion pour respecter les délais, entraînent des émissions très élevées.[122]

Des analyses montrent qu'une diminution du recours à l'aérien permettrait de réduire de 8 % les émissions liées à la logistique, sans compromettre l'accès aux produits lorsque la situation d'approvisionnement n'est pas tendue. De même, une optimisation des trajets et des taux de remplissage des camions (par exemple via le double palettage) réduit en moyenne de 16 % les émissions, en évitant les transports partiellement vides. Enfin, le développement progressif des flottes électriques de véhicules de livraison, qu'il s'agisse de poids lourds ou d'utilitaires légers, représente un potentiel de réduction supplémentaire estimé à 24 %.[122](Figure 22)

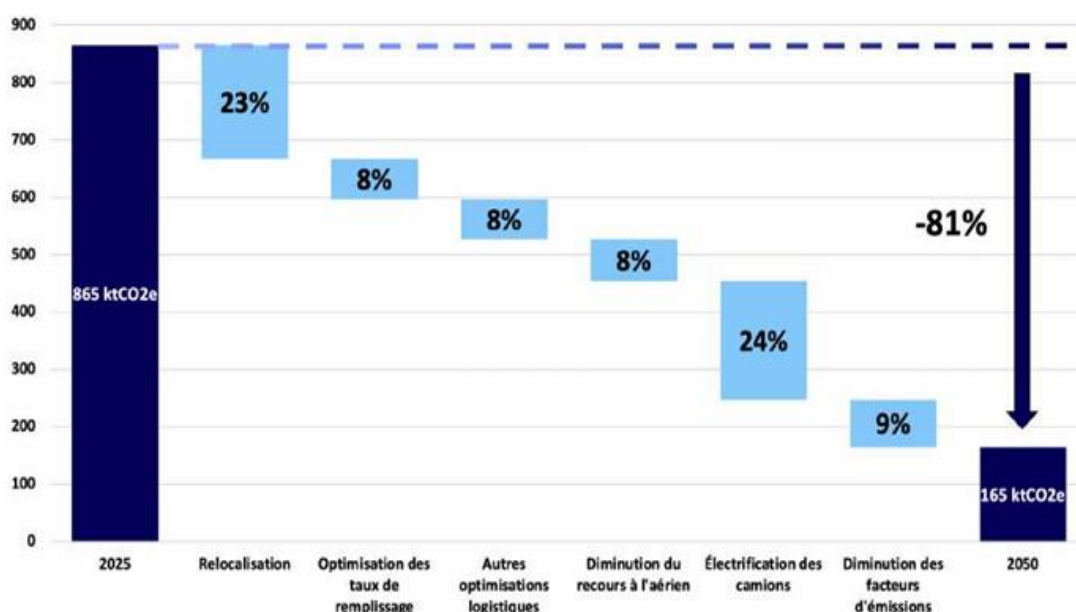


Figure 22 : Potentiel de décarbonation de la logistique entre 2023 et 2050. [122]

Mais le levier le plus puissant reste la réduction des distances parcourues. Relocaliser des étapes de la chaîne pharmaceutique au plus près des lieux de consommation permettrait de baisser de 23 % les émissions de la logistique (Figure 22). À titre

d'exemple, la production de médicaments réalisée en France émettrait 50 % de CO₂ en moins que celle réalisée en Chine.[122](Figure 23)

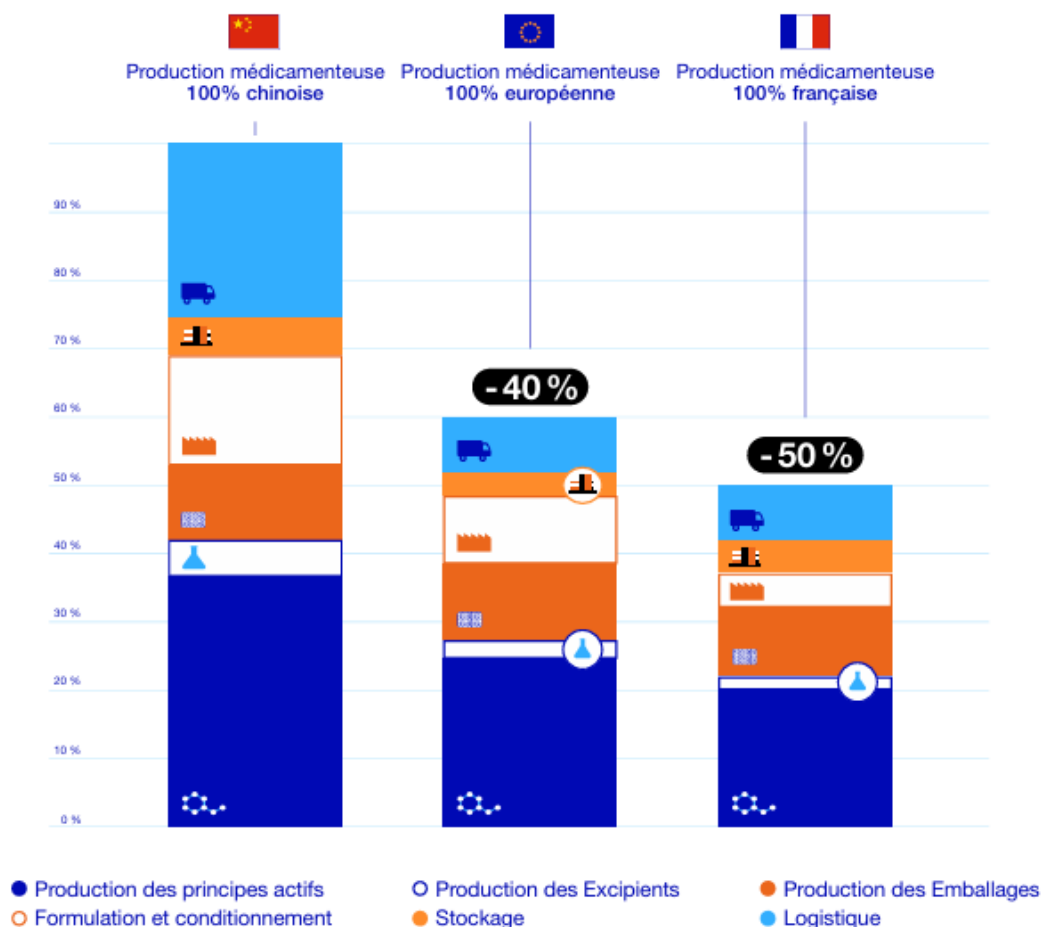


Figure 23 : Comparaison de l'empreinte carbone de production pharmaceutique en 2023 en fonction du pays de production.[122]

Pour les pharmaciens d'officine, choisir des fournisseurs privilégiant les circuits courts revient donc à réduire l'empreinte environnementale de leurs achats. En orientant leurs commandes vers des grossistes investissant dans le ferroviaire, le maritime ou la livraison électrique, les officines participent à la décarbonation du système de santé.

b. Renforcer la résilience et la souveraineté pharmaceutique par la relocalisation

La crise sanitaire liée au Covid-19, tout comme les tensions géopolitiques récentes, ont mis en évidence la dépendance critique de l'Europe vis-à-vis de pays tiers pour ses approvisionnements pharmaceutiques. Une rupture logistique ou une restriction à l'exportation suffit donc à provoquer des pénuries massives, comme cela a été observé pour le paracétamol ou l'amoxicilline pédiatrique.[160]

La relocalisation de la production de médicaments essentiels en Europe, et plus particulièrement en France, est donc à la fois une réponse environnementale et une stratégie de résilience. Sur le plan écologique, le fait de produire sur un territoire où l'électricité est faiblement carbonée réduit considérablement l'empreinte carbone des

médicaments. Sur le plan sanitaire, rapprocher les sites de production permet de mieux contrôler les volumes fabriqués, de réduire les délais de livraison, et donc de limiter les ruptures d'approvisionnement.[160]

Cette stratégie est aujourd'hui encouragée par les pouvoirs publics. Dans le cadre de France 2030, plusieurs projets de relocalisation sont en cours notamment la reprise de la production de paracétamol sur le territoire, ainsi que la création d'unités de production d'API à Roussillon et à Toulouse. À ce jour, 193 molécules jugées critiques ont été identifiées comme prioritaires pour un renforcement de leur production, avec un soutien financier public à hauteur de 800 millions d'euros.[128]

Pour les pharmaciens d'officine, cette réorganisation de la chaîne d'approvisionnement ouvre des perspectives concrètes. En s'appuyant davantage sur des fournisseurs locaux ou européens, ils peuvent limiter leur exposition aux ruptures mondiales tout en valorisant des produits dont la fabrication est moins carbonée. Le choix de circuits plus courts devient ainsi un outil stratégique pour assurer la continuité des soins auprès des patients, en particulier pour les médicaments considérés comme essentiels.

Enfin, au-delà du choix des fournisseurs, une meilleure utilisation des médicaments eux-mêmes constitue un autre levier pour prévenir les ruptures. Ces mesures ne relèvent pas directement des pharmaciens mais nécessitent un cadre politique adapté, donnant aux professionnels de santé les moyens d'accompagner une gestion plus durable des médicaments. C'est précisément ce dont il sera question dans la partie suivante, consacrée aux mesures en amont de la dispensation telles que l'utilisation après la date limite, la dispensation à l'unité ou encore la déprescription.

CHAPITRE IV : Meilleure utilisation des médicaments

1. Principe de déprescription et co-bénéfices

a. L'iatrogénie médicamenteuse

La surprescription médicamenteuse est un problème bien documenté, qui affecte à la fois la santé des patients, l'organisation des systèmes de soins et l'environnement. Selon l'OCDE et la Commission européenne, entre 20 et 25 % des soins délivrés actuellement en Europe sont inutiles ou potentiellement délétères pour les patients, qu'il s'agisse d'actes diagnostiques, de tests biologiques ou de prescriptions médicamenteuses. La prescription inappropriée se traduit par l'utilisation de médicaments qui n'apportent pas de bénéfice réel, présentent un rapport bénéfice/risque défavorable ou sont poursuivis au-delà de la durée nécessaire.

Cette situation alourdit la charge thérapeutique des patients, augmente le risque d'effets indésirables médicamenteux et participe au gaspillage de ressources précieuses.[161]

L'iatrogénie médicamenteuse constitue aujourd'hui un enjeu majeur de santé publique, étroitement lié aux pratiques de surprescription. La multiplication des prescriptions, en particulier chez les patients atteints de maladies chroniques et les personnes âgées, augmente mécaniquement le risque d'effets indésirables, d'interactions médicamenteuses et d'erreurs de prise. La polymédication, généralement définie par la prise concomitante de cinq médicaments ou plus, est l'un des principaux facteurs de risque d'iatrogénie.[162]

Une étude menée aux Pays-Bas a mis en évidence que 5,6 % des hospitalisations non programmées étaient liées à des événements médicamenteux, et que 46,5 % d'entre eux étaient potentiellement évitables. [163]

Chez les personnes âgées, la surprescription et la polymédication constituent un enjeu particulièrement préoccupant. Une méta-analyse récente montre que jusqu'à 22 % des patients âgés hospitalisés présentent au moins une réaction indésirable médicamenteuse, principalement liée à la complexité des schémas thérapeutiques et aux interactions médicamenteuses.[164]

Ainsi, la surprescription ne constitue pas uniquement un problème de volume ou de coût, mais un déterminant direct de morbidité évitable. La prévention de l'iatrogénie médicamenteuse passe nécessairement par une remise en question régulière des prescriptions, visant à optimiser les traitements tout en améliorant la sécurité et la qualité de vie des patients.

b. La déprescription

Face à ces constats, la **déprescription** apparaît comme une stratégie incontournable. Elle peut être définie comme un processus structuré, mené par un professionnel de santé, visant à réévaluer régulièrement les traitements d'un patient et, lorsque cela est approprié, à réduire les doses ou à arrêter certains médicaments. L'objectif n'est pas simplement de réduire le nombre de médicaments, mais d'adapter le traitement aux besoins réels du patient. [165]

Les bénéfices cliniques de la déprescription sont bien établis. Des essais cliniques randomisés montrent que les interventions de déprescription réduisent de manière significative les effets indésirables liés aux médicaments et améliorent la qualité de vie, sans augmenter la mortalité ni dégrader l'état fonctionnel des patients. [166]
De plus, une majorité de patients, entre 84 et 88 % selon certaines enquêtes, se disent prêts à envisager un arrêt de traitement si leur médecin leur propose. [165]

Au-delà de la sécurité et du bien-être des patients, la déprescription représente également un levier important pour la soutenabilité des systèmes de santé. Chaque année en Europe, les événements indésirables médicamenteux entraînent environ 8,6 millions d'hospitalisations, dont une proportion importante pourrait être évitée grâce à une meilleure gestion des prescriptions. La déprescription permet donc de diminuer les coûts directs et le gaspillage liés aux traitements inappropriés, mais aussi les coûts indirects liés aux complications iatrogènes. [165]

La dimension environnementale constitue un autre aspect majeur de la déprescription. La production et la consommation médicamenteuses contribuent aux émissions de gaz à effet de serre, à l'épuisement des ressources naturelles et à la pollution des écosystèmes par les résidus pharmaceutiques. En réduisant la surconsommation, la déprescription contribue à atténuer l'impact écologique du secteur pharmaceutique. Dans une perspective de développement durable, elle s'inscrit ainsi dans la transition vers des soins de santé plus responsables et plus respectueux de l'environnement. [161]

Malgré ses nombreux avantages, la déprescription reste encore insuffisamment pratiquée. Plusieurs obstacles sont identifiés comme le manque de temps, l'absence de recommandations claires sur l'arrêt des traitements, ou encore, la crainte des professionnels de susciter l'incompréhension des patients. [165]

Pourtant, des outils existent pour accompagner les professionnels de santé, tels que les critères STOPP/START pour la personne âgée, les bilans partagés de médication et les algorithmes cliniques de déprescription. Le renforcement de la formation des étudiants et des praticiens, notamment sur la communication et la décision partagée, semble indispensable pour lever ces freins et intégrer la déprescription comme une pratique de routine.[161]

En définitive, la déprescription semble être un levier essentiel pour une meilleure utilisation des médicaments. Elle permet de replacer le patient au centre des décisions thérapeutiques, de réduire les risques liés aux traitements, de générer des économies et de contribuer à la préservation de l'environnement. Dans un contexte marqué par les tensions d'approvisionnement, elle représente une option non négligeable pour garantir une distribution plus équitable et plus durable des ressources pharmaceutiques.

2. La dispensation à l'unité : un outil pour limiter le gaspillage

En France, la question de la **délivrance des médicaments à l'unité (DAU)** s'inscrit dans une réflexion plus large sur la réduction du gaspillage. La loi du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire a ouvert la possibilité, sous certaines conditions, de mettre en place ce mode de dispensation. Un décret du 30 janvier 2022 en a défini les modalités, en prévoyant notamment l'ouverture des conditionnements pour ajuster le nombre de comprimés délivrés aux prescriptions médicales. [167]

Cette réforme s'inspire en partie de pratiques déjà courantes dans d'autres pays, comme les États-Unis où la délivrance à l'unité est la norme, ou encore les Pays-Bas et le Royaume-Uni où elle est largement répandue. [168]

En pratique, la dispensation à l'unité reste aujourd'hui limitée en France. Elle concerne principalement certains antibiotiques, pour lesquels le risque de restes inutilisés est particulièrement problématique en raison de l'antibiorésistance, ainsi que les stupéfiants, qui sont obligatoirement délivrés en quantités strictement adaptées à la prescription afin de prévenir les mésusages et les risques de dépendance. [169]

L'objectif premier de cette mesure est de réduire les quantités de médicaments inutilisés qui s'accumulent chez les patients. En effet, dans le système français, les conditionnements standards ne correspondent pas toujours à la posologie réellement prescrite. Par exemple, les boîtes d'amoxicilline contiennent généralement 14 comprimés, alors que les recommandations actuelles prévoient des traitements de six jours à raison de deux comprimés par jour, soit 12 comprimés. Cela entraîne donc la présence de comprimés surnuméraires, parfois conservés pour une automédication ultérieure, parfois jetés dans les ordures ménagères, ce qui pose à la fois un problème sanitaire et environnemental. [170]

La DAU a donc un rôle potentiel à jouer dans la lutte contre l'antibiorésistance. En supprimant la possibilité d'utiliser des restes de traitements pour s'automédiquer, elle limite la consommation inappropriée d'antibiotiques, identifiée comme l'un des principaux facteurs de développement de résistances bactériennes. Elle permet également de réduire la dispersion des antibiotiques non utilisés dans l'environnement, un phénomène qui contribue à la pression de sélection bactérienne. [167]

Au-delà de cet enjeu de santé publique, la DAU s'inscrit aussi dans une logique économique. Une expérimentation menée par l'Inserm et ses partenaires dans 100 pharmacies, auprès de 1 183 patients, a montré que la délivrance à l'unité permettait de réduire d'environ 10 % le nombre de comprimés distribués, soit environ trois comprimés en moins par patient. Les résultats de cette étude, mettent également en évidence une meilleure observance puisque 91,4 % des patients ayant bénéficié de la dispensation à l'unité ont suivi strictement leur traitement, contre seulement 65,6 % dans le groupe témoin. Cette amélioration pourrait s'expliquer par la simplification du traitement et par la valeur symbolique donnée à un conditionnement personnalisé, perçu comme un gage de sérieux et d'attention de la part du pharmacien. [171]

Toutefois, la mise en œuvre de cette réforme n'est pas sans difficultés. L'Académie nationale de pharmacie a exprimé des réserves dans son rapport du 13 avril 2021. Elle estime que le dispositif décrit dans le décret complexifie l'organisation du travail en officine, multiplie les étapes de dispensation et accroît le risque d'erreurs. La dispensation à l'unité est une pratique chronophage pour les pharmaciens, impliquant des tâches supplémentaires de préparation et de traçabilité. Elle ne fait toutefois pas l'objet d'une valorisation financière spécifique, malgré le temps et les ressources mobilisés.

L'Académie nationale de pharmacie souligne également que l'ouverture des conditionnements va à l'encontre de l'obligation de sérialisation, instaurée pour lutter contre la contrefaçon, et peut compromettre la stabilité des médicaments après déconditionnement. En outre, la question des responsabilités juridiques reste floue en cas d'incident lié à un médicament délivré à l'unité. [167]

Sur le terrain, les pharmaciens expriment des avis partagés. Certains estiment que la DAU doit s'envisager dans une stratégie globale, notamment pour lutter contre l'antibiorésistance, mais qu'elle ne peut constituer une solution isolée. D'autres, comme le président de l'USPO (Union des Syndicats de Pharmaciens d'Officine), rappellent que la structure même du système de distribution en France ne facilite pas ce mode de dispensation. Contrairement aux États-Unis, où les laboratoires livrent les pharmacies en vrac, le système français repose sur des boîtes sérialisées, chacune dotée d'un identifiant unique. Pour généraliser la DAU, il faudrait donc repenser en profondeur l'organisation de la chaîne pharmaceutique, de l'industrie aux officines. [168]

Malgré ces obstacles, la délivrance à l'unité reste perçue comme une piste prometteuse, en particulier dans un contexte de pénuries de médicaments. En 2025, par exemple, la dispensation à l'unité de la quétiapine a été rendue obligatoire pour le dosage 50 mg afin de rationner les stocks disponibles et garantir l'accès aux patients prioritaires. Cette adaptation illustre l'intérêt de ce dispositif comme moyen de gestion des ressources en période de tensions d'approvisionnement. [172]

En définitive, la dispensation à l'unité ne constitue pas une solution miracle, mais elle représente un outil complémentaire dans la stratégie de meilleure utilisation des médicaments. En limitant le gaspillage, en améliorant l'observance et en réduisant les risques d'antibiorésistance, elle contribue à optimiser l'usage des traitements. Son efficacité dépendra toutefois de la capacité des pouvoirs publics et des professionnels de santé à adapter les pratiques et à développer des études fiables permettant d'en mesurer les bénéfices et les limites dans le contexte français.

3. Vers une meilleure valorisation des médicaments non utilisés et périmés

Le devenir des médicaments non utilisés ou périmés constitue aujourd'hui un enjeu majeur dans la réflexion sur une meilleure utilisation des ressources pharmaceutiques. En France, une part importante de la production médicamenteuse est détruite sans avoir servi, ce qui engendre un double coût. En effet, cela induit une perte financière significative pour l'Assurance maladie et un gaspillage de ressources thérapeutiques parfois rares.

Selon le ministère, le gaspillage lié aux médicaments non utilisés représenterait environ 1,5 milliard d'euros par an. Aujourd'hui, les boîtes rapportées en officine sont orientées vers la filière Cyclamed, où elles sont incinérées. Cette incinération, outre la valorisation énergétique équivalente à l'alimentation en électricité d'environ 7 000 logements par an, permet également de réduire les risques de mésusage des médicaments et de limiter leur dispersion dans l'environnement.

Mais si ce procédé limite l'impact environnemental de la destruction, il ne compense pas la valeur thérapeutique et financière perdue lors de l'élimination de ces médicaments. Face à ce constat, l'idée d'une réutilisation de certains médicaments non utilisés revient régulièrement dans le débat public. [173]

Cette piste innovante pourrait limiter le gaspillage, mais elle soulève de nombreux défis pratiques. Le principal obstacle réside dans la conservation étant donné qu'une fois sortis du circuit officinal, les médicaments peuvent avoir été exposés à des conditions inadaptées (température supérieure à 25 °C, humidité, exposition à la lumière). Ces variations peuvent altérer leur stabilité et donc leur efficacité thérapeutique. [174]

Les réactions des pharmaciens montrent d'ailleurs à quel point le sujet est controversé. Le président de la Fédération des syndicats pharmaceutiques de France, souligne que pour des médicaments peu coûteux, comme un antibiotique valant environ 20 centimes le comprimé, le coût de la manutention, du contrôle et du reconditionnement dépasserait largement celui de la fabrication. Toutefois, il reconnaît que pour des traitements extrêmement onéreux, notamment certains anticancéreux pouvant atteindre 10 000 euros la boîte, une récupération pourrait être pertinente. [174]

En parallèle de cette réflexion, un autre axe mérite une attention particulière. Il s'agit de la question des dates de péremption. Plusieurs études ont montré que de nombreux médicaments conservent leur efficacité bien au-delà de la date indiquée par le fabricant. Une enquête publiée en 2024 a démontré que des comprimés de paracétamol et d'ibuprofène périmés depuis plusieurs années conservaient, dans la majorité des cas, plus de 90 % de leur teneur en principe actif, parfois même après plusieurs décennies. [175]

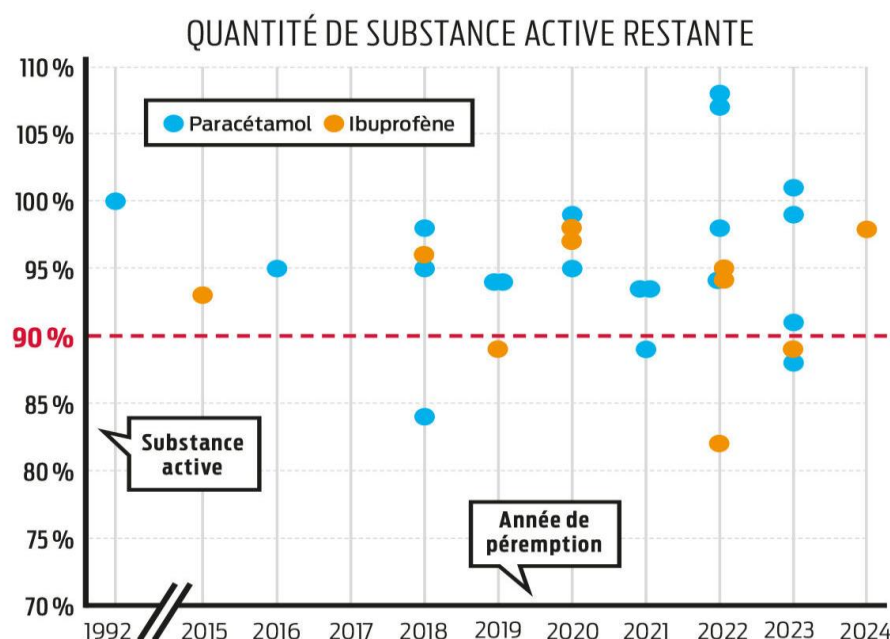


Figure 24 : Evolution du pourcentage de principe actif en fonction des années de péremption de comprimés de paracétamol et d'ibuprofène.[175]

Ces observations rejoignent celles du Shelf-Life Extension Program (SLEP), lancé aux États-Unis en 1986. Ce programme, destiné à prolonger la durée de vie des stocks de médicaments de l'armée et des réserves stratégiques, a montré que 88 % des lots testés pouvaient être utilisés bien au-delà de leur date initiale, avec une prolongation moyenne de 66 mois, soit plus de cinq ans. [176]

Cette capacité des médicaments à rester stables sur le long terme soulève une question cruciale : pourquoi les laboratoires fixent-ils des dates de péremption relativement courtes, généralement comprises entre un et cinq ans ? La première raison est réglementaire. Pour obtenir une autorisation de mise sur le marché, les fabricants doivent fournir des données de stabilité conformes aux recommandations de l'ICH (International Council for Harmonisation), ce qui implique des études longues et coûteuses. Comme ces tests nécessitent du temps, les industriels fixent souvent une durée de conservation courte, qu'ils savent démontrable, afin d'accélérer la mise sur le marché [176] . Une deuxième explication est liée à la prudence réglementaire. En effet, la date de péremption n'indique pas le moment où le médicament devient dangereux, mais garantit que son efficacité et sa sécurité sont assurées au moins jusqu'à cette échéance. Les fabricants ont donc tendance à appliquer une marge de

sécurité importante, parfois très conservatrice. Enfin, un facteur économique joue également un rôle. Un renouvellement régulier des stocks, imposé par des dates courtes, favorise mécaniquement la rotation des ventes et limite les risques de pertes financières liés à une consommation ralentie.[177]

Chaque année, des stocks entiers de médicaments périmés sont détruits, alors que les données scientifiques suggèrent qu'une large proportion d'entre eux aurait pu rester utilisable.

Aux États-Unis, le SLEP a montré que chaque dollar investi dans les tests de stabilité générerait environ 94 dollars d'économies pour l'armée ! En France et en Europe, aucun programme similaire n'existe pour le moment, mais un débat s'ouvre sur la possibilité de prolonger, dans des conditions encadrées, la durée de vie de certains médicaments stratégiques.[176]

L'amélioration de l'usage des médicaments apparaît comme un levier essentiel pour limiter à la fois le gaspillage et les tensions d'approvisionnement. Les différentes approches étudiées, qu'il s'agisse de la déprescription, de la dispensation à l'unité ou encore de la valorisation de médicaments destinés à être détruits, montrent qu'il existe une marge de progression significative dans la façon dont les traitements sont prescrits, délivrés et consommés. Toutes convergent l'objectif commun de garantir que chaque médicament produit soit utilisé de manière optimale, au bénéfice du patient et de la collectivité.

En intégrant ces pratiques, le système de santé ne se contente pas de réduire le gaspillage mais contribue aussi à améliorer l'observance, à limiter les effets indésirables, à préserver les ressources financières et à réduire l'empreinte écologique du circuit pharmaceutique. Ces stratégies participent ainsi à une meilleure sécurisation de l'accès aux traitements, dans un contexte où les ruptures d'approvisionnement fragilisent la continuité des soins.

CONCLUSION

À l'issue de cette thèse, plusieurs enseignements ressortent concernant les liens entre crise environnementale, tensions d'approvisionnement en médicaments et possibilités d'adaptation des pharmacies d'officine.

D'abord, la crise environnementale apparaît comme un facteur croissant dans la formation des ruptures. On retrouve la perturbation des matières premières (plantes médicinales, ressources marines, etc.), l'altération des infrastructures logistiques par les événements climatiques extrêmes, l'incidence sur la santé publique (nouvelles pathologies, hausse de la demande). Ces mécanismes renforcent des ruptures déjà présentes du fait des contraintes économiques, réglementaires ou industrielles.

Ensuite, les stratégies d'adaptation des officines étudiées montrent qu'il existe des marges de manœuvre concrètes pour anticiper ces risques et maintenir la continuité des soins. Gestion proactive des stocks (rotations, diversification des fournisseurs), éducation des patients (autogestion raisonnable, prévention), choix de fournisseurs plus durables, optimisation de l'usage des médicaments (déprescription, dispensation à l'unité, valorisation des médicaments non utilisés) se révèlent être des leviers intéressants. Ces pratiques ne sont pas simplement défensives mais peuvent s'inscrire dans une logique de durabilité, réduire les impacts environnementaux et renforcer la résilience locale.

Toutefois, cette étude présente des limites. Les données environnementales associées aux ruptures restent souvent incomplètes ou hétérogènes, ce qui complique l'évaluation précise de l'impact global des dérèglements. De plus, l'imprévisibilité des phénomènes écologiques, combinée aux effets cumulatifs encore mal compris, rend difficile une analyse exhaustive.

Par ailleurs, les stratégies d'adaptation proposées varient fortement selon la taille, la localisation et les ressources des officines, et leur mise en œuvre suppose des soutiens réglementaires, financiers et logistiques qui ne sont pas toujours garantis.

Enfin, ce travail s'est volontairement centré sur le rôle des officines, alors que l'essentiel des leviers d'action se situe en amont, dans les laboratoires, les industries et surtout à l'échelle politique. La crise écologique ne pourra par ailleurs être réellement résolue par des ajustements ponctuels. Elle nécessite des mesures structurelles, agissant sur les causes profondes plutôt que sur leurs conséquences.

En conclusion, cette thèse souligne que les ruptures de médicaments ne doivent plus être vues uniquement comme un problème logistique ou industriel, mais comme un phénomène complexe, lié aux transformations de l'environnement. Les officines doivent pouvoir évoluer, non seulement pour faire face, mais aussi pour incarner une santé plus durable, où la prévoyance, l'adaptation et la réduction des impacts deviennent des enjeux essentiels de la pratique pharmaceutique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Les dépenses de santé en 2023 - Résultats des comptes de la santé - Édition 2024 | Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques ». Consulté le: 12 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications-communique-de-presse-documents-de-reference/panoramas-de-la-drees/241120-Panorama-CNS24>
- [2] L. Belgodère *et al.*, « Prevention and management of health products shortages by the French national agency (ANSM), 10 years of experience », *Frontiers in Public Health*, vol. 11, p. 1293110, nov. 2023, doi: 10.3389/fpubh.2023.1293110.
- [3] « Sous-section 1 : Dispositions générales applicables à la fabrication et l'importation. (Articles R5124-49 à R5124-56) - Légifrance ». Consulté le: 9 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000032926283/2016-07-23>
- [4] « La rupture de stocks ». Consulté le: 11 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.emfps.fr/article/la-rupture-de-stocks>
- [5] « DP-Leem-Pénurie-VF.pdf ». Consulté le: 11 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.leem.org/sites/default/files/2019-02/DP-Leem-P%C3%A9nurie-VF.pdf>
- [6] notre-environnement, « Les émissions françaises de gaz à effet de serre », notre-environnement. Consulté le: 17 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.notre-environnement.gouv.fr/>
- [7] « 130219-vulnerabilite-appro_0.pdf ». Consulté le: 18 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.leem.org/sites/default/files/2019-02/130219-vulnerabilite-appro_0.pdf
- [8] « 20230706_Essentiel_CE_Penurie_Medicaments_VF.pdf ». Consulté le: 4 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: https://www.senat.fr/fileadmin/Presse/Documents_pdf/20230706_Essentiel_CE_Penurie_Medicaments_VF.pdf
- [9] « DP-Leem-Pénurie-VF.pdf ». Consulté le: 9 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.leem.org/sites/default/files/2019-02/DP-Leem-P%C3%A9nurie-VF.pdf>
- [10] « Actualité - Ozempic (sémaglutide) : un médicament à utiliser uniquement dans le traitement du diabète de type 2 », ANSM. Consulté le: 23 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/actualites/ozempic-semaglutide-un-medicament-a-utiliser-uniquement-dans-le-traitement-du-diabete-de-type-2>
- [11] S. Shukar *et al.*, « Drug Shortage: Causes, Impact, and Mitigation Strategies », *Front Pharmacol*, vol. 12, p. 693426, 2021, doi: 10.3389/fphar.2021.693426.
- [12] D. J. Newman et G. M. Cragg, « Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019 », *J Nat Prod*, vol. 83, n° 3, p. 770-803, mars 2020, doi: 10.1021/acs.jnatprod.9b01285.
- [13] J. K. Aronson, C. Heneghan, et R. E. Ferner, « Drug shortages. Part 2: Trends, causes and solutions », *Br J Clin Pharmacol*, vol. 89, n° 10, p. 2957-2963, oct. 2023, doi: 10.1111/bcp.15853.
- [14] « CNOP Cahier thématique n°22 : Ruptures d'approvisionnement des produits de santé », calameo.com. Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/002449395bddf6af6ab4b>
- [15] « Flash Sécurité Patient « Rupture de stock de produit de santé. Ne rompez pas le contact ! » », Haute Autorité de Santé. Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne].

- Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3603861/fr/flash-securite-patient-rupture-de-stock-de-produit-de-sante-ne-rompez-pas-le-contact
- [16] « 20230706_Essentiel_CE_Penurie_Medicaments_VF.pdf ». Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.senat.fr/fileadmin/Presse/Documents_pdf/20230706_Essentiel_CE_Penurie_Medicaments_VF.pdf
- [17] « Disponibilités des produits de santé de type médicaments », ANSM. Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/disponibilites-des-produits-de-sante/medicaments>
- [18] « Ruptures des stocks des médicaments : les 10 classes thérapeutiques les plus touchées ». Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.leem.org/media/ruptures-des-stocks-des-medicaments-les-10-classes-therapeutiques-les-plus-touchees>
- [19] « report_medicines_shortages2018.pdf ». Consulté le: 12 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://eahp.eu/wp-content/uploads/2024/08/report_medicines_shortages2018.pdf
- [20] J.-E. SANSON, « Pénuries de médicaments: la crise silencieuse des pharmacies », DCG. Consulté le: 19 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.droit-compta-gestion.fr/editorial/penuries-de-medicaments-la-crise-silencieuse-des-pharmacies/>
- [21] « report_medicines_shortages2018.pdf ». Consulté le: 19 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://eahp.eu/wp-content/uploads/2024/08/report_medicines_shortages2018.pdf
- [22] « Tensions d'approvisionnement : le rapport 2023 du GPUE », CNOP. Consulté le: 19 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.ordre.pharmacien.fr/les-communications/focus-sur/les-actualites/tensions-d-approvisionnement-le-rapport-2023-du-gpue?utm_
- [23] « Sertraline : faut-il renoncer aux préparations magistrales à cause des conditions tarifaires ? », Le Quotidien du Pharmacien. Consulté le: 19 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lequotidiendupharmacien.fr/exercice-pro/sertraline-faut-il-renoncer-aux-preparations-magistrales-cause-des-conditions-tarifaires>
- [24] P. J. Crutzen, « Geology of mankind », *Nature*, vol. 415, n° 6867, p. 23-23, janv. 2002, doi: 10.1038/415023a.
- [25] « Terre, climat : qu'est-ce que l'Anthropocène, ère géologique | vie-publique.fr ». Consulté le: 12 février 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vie-publique.fr/parole-dexpert/271086-terre-climat-quest-ce-que-lanthropocene-ere-geologique>
- [26] C. Folke *et al.*, « Our future in the Anthropocene biosphere », *Ambio*, vol. 50, n° 4, p. 834, mars 2021, doi: 10.1007/s13280-021-01544-8.
- [27] « Sommes-nous vraiment entrés dans l'Anthropocène? | UQAM ». Consulté le: 27 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://actualites.uqam.ca/2023/sommes-nous-vraiment-entres-dans-lanthropocene/>
- [28] K. M. Cohen, S. C. Finney, P. L. Gibbard, et J.-X. Fan, « The ICS International Chronostratigraphic Chart », *Episodes*, vol. 36, n° 3, p. 199-204, sept. 2013, doi: 10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002.
- [29] « Developpement-socio-economi-b9eaa.png (890×856) ». Consulté le: 28 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.monde-diplomatique.fr/local/cache-vignettes/L890xH856/Developpement-socio-economi-b9eaa.png?1659808169>

- [30] « Evolution-du-systeme-terre.png (1400×1395) ». Consulté le: 28 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.monde-diplomatique.fr/IMG/png/Evolution-du-systeme-terre.png>
- [31] « Planetary boundaries ». Consulté le: 19 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
- [32] N. Kitzmann *et al.*, « Planetary Health Check 2025: A Scientific Assessment of the State of the Planet », sept. 2025, doi: 10.48485/pik.2025.017.
- [33] Joint Research Centre (European Commission) *et al.*, *GHG emissions of all world: 2021 report*. Publications Office of the European Union, 2021. Consulté le: 3 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/173513>
- [34] T. Gore, « Combattre les inégalités des émissions de CO₂ : La justice climatique au cœur de la reprise post COVID-19 ».
- [35] « Changement climatique : causes, effets et enjeux | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique ». Consulté le: 2 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/changement-climatique-causes-effets-enjeux>
- [36] « Effet de serre », Klimaat | Climat. Consulté le: 2 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://climat.be/changements-climatiques/causes/effet-de-serre>
- [37] « Gaz à effet de serre : liste, sources, objectifs de réduction, chiffres clés ». Consulté le: 2 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/quels-sont-les-principaux-gaz-effet-de-serre>
- [38] *Changements climatiques 2014: rapport de synthèse : contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Genève (Suisse): GIEC, 2015.
- [39] P. R. Shukla, J. Skea, A. R. Reisinger, et IPCC, Éd., *Climate change 2022: mitigation of climate change*. Geneva: IPCC, 2022.
- [40] « Restitution du rapport Biodiversité et Changement climatique | CNRS Écologie & Environnement ». Consulté le: 3 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.inee.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/restitution-du-rapport-biodiversite-et-changement-climatique>
- [41] « Les travaux de la FAO sur l'agroécologie | Plateforme des connaissances sur l'agroécologie | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ». Consulté le: 8 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.fao.org/agroecology/overview/our-work/fr/>
- [42] « TSP_AVIATION_RAPPORT_211116.pdf ». Consulté le: 18 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2021/12/TSP_AVIATION_RAPPORT_211116.pdf
- [43] Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1^{re} éd. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009325844.
- [44] « La biodiversité : victime et solution du changement climatique ». Consulté le: 8 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/dossiers-thematiques/s-adapter-avec-la-nature/Biodiversite>
- [45] « Acidification et réchauffement des océans : des dangers qui se démultiplient », Réseau Action Climat. Consulté le: 8 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://reseauactionclimat.org/acidification-rechauffement-ocean-dangers-demultiplies/>

- [46] « Quels impacts du changement climatique sur l'agriculture ? », Réseau Action Climat. Consulté le: 8 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://reseauactionclimat.org/quels-impacts-du-changement-climatique-sur-lagriculture/>
- [47] onufrance, « Climat : vers des migrations de plus en plus importantes », ONU France. Consulté le: 8 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://unric.org/fr/climat-vers-des-migrations-de-plus-en-plus-importantes/>
- [48] B. Orlik, « Intégration de l'effet de l'albédo dans l'évaluation du rôle potentiel des forêts dans la lutte contre les changements climatiques ».
- [49] « EXE_OFB_GUIDE_EEN_2024_web.pdf ». Consulté le: 3 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://engagespourlanature.ofb.fr/sites/default/files/2024-11/EXE_OFB_GUIDE_EEN_2024_web.pdf
- [50] IPBES, « Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services », nov. 2019, doi: 10.5281/zenodo.3553579.
- [51] IPBES, « Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services », Zenodo, nov. 2019. doi: 10.5281/zenodo.3553579.
- [52] « L'artificialisation des sols ». Consulté le: 10 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ofb.gouv.fr/lartificialisation-des-sols>
- [53] C. général au développement durable, « Feux de forêt et végétation », Chiffres clés des risques naturels - Édition 2023. Consulté le: 18 avril 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-risques-naturels-2023/30-feux-de-foret-et-vegetation.php>
- [54] « Environmental health ». Consulté le: 18 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/health-topics/environmental-health>
- [55] « An estimated 12.6 million deaths each year are attributable to unhealthy environments ». Consulté le: 18 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/news/item/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments>
- [56] « Santé environnementale - quelques notions », SIGLES. Consulté le: 12 février 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sigles-sante-environnement.fr/sante-environnement/notions-de-sante-environnementale/>
- [57] « L'impact silencieux de la pollution de l'air sur notre santé ». Consulté le: 18 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.iledefrance.ars.sante.fr/limpact-silencieux-de-la-pollution-de-lair-sur-notre-sante>
- [58] « Health impacts of air pollution in Europe, 2022 ». Consulté le: 18 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution-in-europe-2022>
- [59] DGS_Céline.M et DGS_Céline.M, « Plan National Santé-Environnement 4 (PNSE 4) : “un environnement, une santé” (2021-2025) », Ministère du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles. Consulté le: 15 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/les-plans-nationaux-sante-environnement/article/plan-national-sante-environnement-4-pnse-4-un-environnement-une-sante-2021-2025>
- [60] « L'exposome : l'exposition d'une vie », CNRS Le journal. Consulté le: 17 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://lejournel.cnrs.fr/articles/lexposome-l'exposition-dune-vie>

- [61] « Une seule santé ». Consulté le: 17 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/one-health>
- [62] J. G. Holguera et N. Senn, « Co-bénéfices santé-environnement et changement climatique : concepts et implication pour l'alimentation, la mobilité et le contact avec la nature en pratique clinique », *La Presse Médicale Formation*, vol. 2, n° 6, p. 622-627, déc. 2021, doi: 10.1016/j.lpmfor.2021.10.009.
- [63] N. Michaels, « Quand la médecine rend la planète malade : les soignants passent du diagnostic au traitement », Geo.fr. Consulté le: 19 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.geo.fr/environnement/quand-la-medecine-rend-la-planete-malade-les-soignants-passent-du-diagnostic-au-traitement-213467>
- [64] « Décarboner la santé pour soigner durablement », The Shift Project. Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/publications/decarboner-sante-soigner-durablement/>
- [65] « Scope 1, 2, 3 d'un bilan carbone : définition, périmètres et limites ». Consulté le: 16 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://climate.selectra.com/fr/entreprises/bilan-carbone/scope-1-2-3>
- [66] « The United Nations world water development report, 2017: Wastewater: the untapped resource - UNESCO Bibliothèque Numérique ». Consulté le: 18 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247153>
- [67] sabrina.ramessur, « Système de santé et médicaments : l'heure du grand tournant », Blog de l'ISIGE - MINES Paris. Consulté le: 2 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://blog-isige.minesparis.psl.eu/2023/12/11/systeme-de-sante-et-medicaments-lheure-du-grand-tournant/>
- [68] « L'éco-responsabilité et les établissements de santé », COGIS. Consulté le: 21 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cogis.com/news/ecoresponsabilite-et-les-etablissements-de-sante/>
- [69] « Pharmacie éco-responsable : en route pour le changement ! », Le Blog du Pharmacien. Consulté le: 21 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.leblogdupharmacien.fr/pharmacie-eco-responsable-le-changement-passera-par-vous/>
- [70] « Transition écologique de l'officine : si on changeait d'échelle ». Consulté le: 19 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.unpf.eu/actualites/actualites/transition-ecologique-de-lofficine-si-on-changeait-dechelle>
- [71] N. Michaels, « Le monde a besoin de médicaments efficaces et moins polluants, pressent des chercheurs », Geo.fr. Consulté le: 2 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.geo.fr/environnement/le-monde-a-besoin-de-medicaments-efficaces-et-moins-polluants-pressent-des-chercheurs-220542>
- [72] M. du Travail, de la Santé, des S. et des Familles, M. du Travail, de la Santé, et des S. et des Familles, « Soins écoresponsables : une nouvelle approche de la pertinence des soins », Ministère du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles. Consulté le: 21 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/planification-ecologique-en-sante/article/soins-ecoresponsables-une-nouvelle-approche-de-la-pertinence-des-soins>
- [73] « Transition écologique : le secteur pharmaceutique s'engage sur une trajectoire de décarbonation et de sortie des emballages en plastique à usage unique ». Consulté le: 21 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur:

- <https://www.leem.org/presse/transition-ecologique-le-secteur-pharmaceutique-s-engage-sur-une-trajectoire-de>
- [74] Y. Linhares *et al.*, « Biodiversity: the overlooked source of human health », *Trends in Molecular Medicine*, vol. 29, n° 3, p. 173-187, mars 2023, doi: 10.1016/j.molmed.2022.12.002.
 - [75] « La biodiversité, une pharmacopée entre opportunités et menaces », La Dépêche Vétérinaire. Consulté le: 5 février 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.depecheveterinaire.com/la-biodiversite-une-pharmacopee-entre-opportunites-et-menaces_679E4F833768A566.html
 - [76] IPBES, « Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services », Zenodo, nov. 2019. doi: 10.5281/ZENODO.3553579.
 - [77] O. Mykhailenko, B. Jalil, L. J. McGaw, J. Echeverría, M. Takubessi, et M. Heinrich, « Climate change and the sustainable use of medicinal plants: a call for “new” research strategies », *Front Pharmacol*, vol. 15, p. 1496792, 2024, doi: 10.3389/fphar.2024.1496792.
 - [78] « WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level », World Meteorological Organization. Consulté le: 22 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>
 - [79] É. Muller, « Les effets du changement climatique sur la croissance des plantes | Planet-Vie ». Consulté le: 26 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/vegetaux/les-effets-du-changement-climatique-sur-la-croissance-des-plantes>
 - [80] Y. Zhou, I. Vroegop-Vos, R. C. Schuurink, C. M. J. Pieterse, et S. C. M. Van Wees, « Atmospheric CO₂ Alters Resistance of Arabidopsis to Pseudomonas syringae by Affecting Absciscic Acid Accumulation and Stomatal Responsiveness to Coronatine », *Front. Plant Sci.*, vol. 8, mai 2017, doi: 10.3389/fpls.2017.00700.
 - [81] C. Chen, P. Li, R.-H. Wang, B. A. Schaal, et C.-X. Fu, « The population genetics of cultivation: domestication of a traditional Chinese medicine, *Scrophularia ningpoensis* Hemsl. (Scrophulariaceae) », *PLoS One*, vol. 9, n° 8, p. e105064, 2014, doi: 10.1371/journal.pone.0105064.
 - [82] S. Malik, R. M. Cusidó, M. H. Mirjalili, E. Moyano, J. Palazón, et M. Bonfill, « Production du médicament anticancéreux taxol dans des cultures en suspension de *Taxus baccata* : une revue », *Process Biochemistry*, vol. 46, n° 1, p. 23-34, janv. 2011, doi: 10.1016/j.procbio.2010.09.004.
 - [83] O. Mykhailenko, B. Jalil, L. J. McGaw, J. Echeverría, M. Takubessi, et M. Heinrich, « Climate change and the sustainable use of medicinal plants: a call for “new” research strategies », *Frontiers in Pharmacology*, vol. 15, p. 1496792, févr. 2025, doi: 10.3389/fphar.2024.1496792.
 - [84] E. U. Alum, « Climate change and its impact on the bioactive compound profile of medicinal plants: implications for global health », *Plant Signaling & Behavior*, vol. 19, n° 1, p. 2419683, oct. 2024, doi: 10.1080/15592324.2024.2419683.
 - [85] O. Mykhailenko, B. Jalil, L. J. McGaw, J. Echeverría, M. Takubessi, et M. Heinrich, « Climate change and the sustainable use of medicinal plants: a call for “new” research strategies », *Frontiers in Pharmacology*, vol. 15, p. 1496792, févr. 2025, doi: 10.3389/fphar.2024.1496792.
 - [86] « 2007-306-mars-p.7-Banaigs.pdf ». Consulté le: 27 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2019/12/2007-306-mars-p.7-Banaigs.pdf>

- [87] « Explique pourquoi certaines éponges marines ont des propriétés médicinales ? » Consulté le: 27 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.expliquepourquoi.com/sciences-naturelles/oceanographie/explique-pourquoi-certaines-eponges-marines-ont-des-proprietes-medicinales/>
- [88] « Acidification et réchauffement des océans : des dangers qui se démultiplient », Réseau Action Climat. Consulté le: 27 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://reseauactionclimat.org/acidification-rechauffement-ocean-dangers-demultiplies/>
- [89] J. J. Bell *et al.*, « Marine heat waves drive bleaching and necrosis of temperate sponges », *Current Biology*, vol. 33, n° 1, p. 158-163.e2, janv. 2023, doi: 10.1016/j.cub.2022.11.013.
- [90] « UNOC-3 | Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche ». Consulté le: 22 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mer.gouv.fr/troisieme-conference-des-nations-unies-sur-locean-unoc-3>
- [91] S. Hsu, « Why global businesses must consider climate change risks to their supply chains », *New SCMR*. Consulté le: 4 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.scmr.com/article/why-global-businesses-must-consider-climate-change-risks-to-their-supply-chains>
- [92] « Porto Rico: l'industrie pharmaceutique durement impactée par l'ouragan Maria », RFI. Consulté le: 5 février 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.rfi.fr/fr/ameriques/20171006-porto-rico-ouragan-maria-medicaments-pharma>
- [93] Rick, « Comment la chaîne du froid médical protège les approvisionnements contre les catastrophes naturelles », *Rykstone*. Consulté le: 2 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.rykstone.fr/comment-la-chaine-du-froid-medical-protege-les-approvisionnements-contre-les-catastrophes-naturelles/>
- [94] RAND *et al.*, « Environmental Scan », in *Impact of Climate Change on Health and Drug Demand: Research Report*, Office of the Assistant Secretary for Planning and Evaluation (ASPE), 2024. Consulté le: 2 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK611206/>
- [95] A. J. McMichael, R. E. Woodruff, et S. Hales, « Climate change and human health: present and future risks », *Lancet*, vol. 367, n° 9513, p. 859-869, mars 2006, doi: 10.1016/S0140-6736(06)68079-3.
- [96] N. Hervé, « Synthèse du rapport AR6 du GIEC publié le 28/02/2022 », 2022.
- [97] M. Tuddenham, « 1er volume : les sciences physiques du changement climatique Synthèse du Résumé à l'intention des décideurs du Giec ».
- [98] « Episodes climatiques et santé : chiffres, liens et impacts, ca », Fondation pour la Recherche Médicale (FRM). Consulté le: 3 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.frm.org/fr/maladies/recherches-environnement-et-sante/episodes-extremes-et-sante/focus-impact-episodes-extremes-sur-la-sante>
- [99] C. Howard et P. Huston, « Les effets du changement climatique sur la santé : Découvrez les risques et faites partie de la solution », *RMTC*, vol. 45, n° 5, p. 126-131, mai 2019, doi: 10.14745/ccdr.v45i05a01f.
- [100] Watson, « Maladies liées au changement climatique : quelles sont les conséquences ? », (wo)menweb. Consulté le: 4 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.menweb.org/maladies-liees-au-changement-climatique-queelles-sont-les-consequences/>
- [101] C. Bonnet, D. Niaré, M. Debin, et T. Blanchon, « *Aedes albopictus* (moustique tigre) et arboviroses : à quoi s'attendre dans les années à venir ? », *La Revue de*

- Médecine Interne*, vol. 46, n° 4, p. 229-235, avr. 2025, doi: 10.1016/j.revmed.2025.02.005.
- [102] « Zoonoses ». Consulté le: 8 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>
- [103] « Quels risques représentent la fonte du permafrost ? », idverde. Consulté le: 4 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://idverde.fr/actualites/quels-risques-representent-la-fonte-du-permafrost/>
- [104] J.-P. Besancenot, C. Sindt, et M. Thibaudon, « Pollen et changement climatique. Bouleau et graminées en France métropolitaine », *Revue Française d'Allergologie*, vol. 59, n° 8, p. 563-575, déc. 2019, doi: 10.1016/j.reval.2019.09.006.
- [105] B. Alahmad, H. Khraishah, K. Althalji, W. Borchert, F. Al-Mulla, et P. Koutrakis, « Connections Between Air Pollution, Climate Change, and Cardiovascular Health », *The Canadian journal of cardiology*, vol. 39, n° 9, p. 1182, avr. 2023, doi: 10.1016/j.cjca.2023.03.025.
- [106] L. Liang *et al.*, « Associations between daily air quality and hospitalisations for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in Beijing, 2013–17: an ecological analysis », *The Lancet Planetary Health*, vol. 3, n° 6, p. e270-e279, juin 2019, doi: 10.1016/S2542-5196(19)30085-3.
- [107] Y. Wu *et al.*, « Ambient air pollution associated with incidence and dynamic progression of type 2 diabetes: a trajectory analysis of a population-based cohort », *BMC Medicine*, vol. 20, n° 1, p. 375, oct. 2022, doi: 10.1186/s12916-022-02573-0.
- [108] « Quels impacts du changement climatique sur l'agriculture ? », Réseau Action Climat. Consulté le: 3 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://reseauactionclimat.org/quels-impacts-du-changement-climatique-sur-lagriculture/>
- [109] « biodiversite-sante-2022.pdf ». Consulté le: 4 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.orspaca.org/sites/default/files/biodiversite-sante-2022.pdf>
- [110] R. L. Bhardwaj, A. Parashar, H. P. Parewa, et L. Vyas, « An Alarming Decline in the Nutritional Quality of Foods: The Biggest Challenge for Future Generations' Health », *Foods*, vol. 13, n° 6, p. 877, mars 2024, doi: 10.3390/foods13060877.
- [111] « Résistance aux antimicrobiens ». Consulté le: 12 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- [112] « La crise climatique aggrave le danger mortel des superbactéries, alerte le PNUE | ONU Info ». Consulté le: 12 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://news.un.org/fr/story/2023/02/1132067>
- [113] SPF, « EARS-Net France, 2002-2018 : contribution de la France au réseau européen de surveillance de la résistante bactérienne aux antibiotiques ». Consulté le: 17 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/infections-associees-aux-soins-et-resistance-aux-antibiotiques/resistance-aux-antibiotiques/documents/ears-net-france-2002-2018-contribution-de-la-france-au-reseau-europeen-de-surveillance-de-la-resistante-bacterienne-aux-anti...>
- [114] C. Mora *et al.*, « Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change », *Nat. Clim. Chang.*, vol. 12, n° 9, p. 869-875, sept. 2022, doi: 10.1038/s41558-022-01426-1.
- [115] « Ressources ». Consulté le: 12 mars 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.amrleaders.org/resources>

- [116] « Cinq façons dont la crise climatique aggrave la résistance aux antimicrobiens ». Consulté le: 25 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.gavi.org/fr/vaccineswork/cinq-facons-dont-crise-climatique-aggrave-resistance-antimicrobiens>
- [117] U. N. Environment, « Bracing for Superbugs: Strengthening environmental action in the One Health response to antimicrobial resistance | UNEP - UN Environment Programme ». Consulté le: 15 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.unep.org/resources/superbugs/environmental-action>
- [118] « Opinion | Antibiotic shortages and AMR ». Consulté le: 17 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://kathmandupost.com/columns/2023/10/29/antibiotic-shortages-and-amr>
- [119] D. C. Bowles, C. D. Butler, et N. Morisetti, « Climate change, conflict and health », *Journal of the Royal Society of Medicine*, vol. 108, n° 10, p. 390, oct. 2015, doi: 10.1177/0141076815603234.
- [120] « Dans quelle mesure la chaîne d’approvisionnement pharmaceutique européenne est-elle dépendante de la Chine ? », Pharmaoffer. Consulté le: 4 octobre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://pharmaoffer.com/fr/blog/european-api-dependency/>
- [121] « Le commerce extérieur de médicaments ». Consulté le: 24 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.leem.org/le-commerce-exterieur-de-medicaments>
- [122] « Décarbonons les Industries de Santé : rapport final du Shift Project sur les médicaments et dispositifs médicaux », The Shift Project. Consulté le: 4 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/publications/decarbonons-industries-sante-medicaments-dm/>
- [123] « Halting Europe’s essential medicines manufacturing exodus », *European Pharmaceutical Review*, Consulté le: 23 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.europeanpharmaceuticalreview.com/article/179121/halting-europes-essential-medicines-manufacturing-exodus/>
- [124] L. Cui, S. Yue, X.-H. Nghiem, et M. Duan, « Exploring the risk and economic vulnerability of global energy supply chain interruption in the context of Russo-Ukrainian war », *Resources Policy*, vol. 81, p. 103373, mars 2023, doi: 10.1016/j.resourpol.2023.103373.
- [125] « La crise énergétique européenne pourrait être le signe d’une pénurie de médicaments aux États-Unis | CIDRAP ». Consulté le: 23 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cidrap.umn.edu/covid-19/european-energy-crisis-may-portend-us-drug-shortages>
- [126] « L’impact de la crise énergétique en Europe sur l’industrie pharmaceutique | PharmaVoice ». Consulté le: 23 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.pharmavoice.com/news/pharma-energy-crisis-Europe-Teva-generics/635498/>
- [127] « Nombre d’entreprises de l’industrie pharmaceutique France 1970-2020 », Statista. Consulté le: 24 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.statista.com/statistiques/501308/evolution-nombre-entreprises-pharmaceutiques-france/>
- [128] « Relocalisations de productions : comment et jusqu’où ? », Pharmaceutiques. Consulté le: 27 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://pharmaceutiques.com/actualites/nos-evenements/relocalisations-de-productions-comment-et-jusquou/>

- [129] V.-M. Jorge, Z.-M. Esteban, S.-A. Bruno, H.-F. Yeralin, et D.-M. J. Pablo, « Implementation of supply management strategies by the pharmacy service in a general hospital during the COVID-19 pandemic », *Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy*, vol. 7, p. 100161, sept. 2022, doi: 10.1016/j.rcsop.2022.100161.
- [130] « FEFO vs FIFO vs LIFO : quelle est la différence ? | Initiés de GMP ». Consulté le: 22 décembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://gmpinsiders.com/fefo-vs-fifo-vs-lifo/>
- [131] Alexis, « Tout comprendre sur les méthodes FIFO, LIFO et FEFO », Blog OVOL. Consulté le: 30 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://blog.ovol.fr/logistique/tout-comprendre-sur-les-methodes-fifo-lifo-et-fefo/>
- [132] « Évitez les produits périmés dans votre cabinet médical : conseils et astuces ». Consulté le: 30 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://meditrust.io/cabinet-medical-produit-perime/>
- [133] « Gestion des stocks en pharmacie : rentabilité et efficacité », <https://soquali.fr/>. Consulté le: 30 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://soquali.fr/gestion-des-stocks-en-pharmacie/>
- [134] « Le taux de rotation des stocks : définition, calcul et interprétation », My Business Plan. Consulté le: 30 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.my-business-plan.fr/fiches-techniques/taux-rotation-stocks>
- [135] « Organisation Et Gestion D'une Pharmacie - Guides Médicaux MSF | PDF | Inventaire | Médicament générique », Scribd. Consulté le: 1 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/719110490/Organisation-et-gestion-d-une-pharmacie-Guides-me-dicaux-MSF>
- [136] « PGEU-Medicine-Shortages-Report-2024.pdf ». Consulté le: 4 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.pgeu.eu/wp-content/uploads/2025/01/PGEU-Medicine-Shortages-Report-2024.pdf>
- [137] « Pénurie de médicaments : Trouver d'urgence le bon remède - Rapport », Sénat. Consulté le: 4 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.senat.fr/rap/r22-828-1/r22-828-1.html>
- [138] « Centrales d'Achats et Structures de Regroupement, que choisir ? - MAG ». Consulté le: 4 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://choisirmongroupement.com/centralesdachatsstructuresregroupements/>
- [139] « Qu'est-ce qui caractérise les relations entre les grossistes et les pharmacies ? », POD. Consulté le: 4 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.pod.fr/guide-pharmacie/pharmacie-relations-grossistes-officines-expliquees/>
- [140] « Diversifier ses fournisseurs : enjeux et stratégies efficaces ». Consulté le: 4 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mdsynergie.fr/diversifier-ses-fournisseurs-pourquoi-et-comment-le-faire/>
- [141] « Pénuries d'amoxicilline, c'est reparti ! », Le Quotidien du Pharmacien. Consulté le: 5 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.lequotidiendupharmacien.fr/medicament-parapharmacie/medicament/penuries-damoxicilline-cest-reparti>
- [142] dtstech, « Comment fonctionne Vigirupture ? », DTS Tech. Consulté le: 6 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.dtstech.com/comment-fonctionne-vigirupture/>
- [143] « Vigirupture : un outil collaboratif pour combattre les ruptures de médicaments ». Consulté le: 18 août 2025. [En ligne]. Disponible sur:

- <https://www.123medecins.info/vigirupture-un-outil-collaboratif-pour-combattre-les-ruptures-de-medicaments/>
- [144] « Le DP en pratique - Officine », CNOP. Consulté le: 7 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/je-suis/pharmacien/pharmacien/mon-exercice-professionnel/le-dp-en-pratique-officine>
 - [145] « CP DP-Ruptures Vdef ». Consulté le: 8 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.ordre.pharmacien.fr/mediatheque/fichiers/communiques-de-presse/contenus-importes/2141340_cp-dp-ruptures-vdef.pdf?utm_
 - [146] « Les services du DP », CNOP. Consulté le: 8 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.ordre.pharmacien.fr/le-dossier-pharmaceutique/les-services-du-dp2?utm_
 - [147] « DP-Ruptures devient officiellement le bras armé de l'État contre les pénuries », Le Moniteur des pharmacies. Consulté le: 7 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/business/numerique/digitalisation/le-dp-ruptures-devient-officiellement-le-bras-arme-de-letat-contre-les-penuries>
 - [148] « Pénurie de médicaments : Trouver d'urgence le bon remède - Rapport », Sénat. Consulté le: 8 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.senat.fr/rap/r22-828-1/r22-828-1.html>
 - [149] « Sobriété médicamenteuse pour limiter la surconsommation ». Consulté le: 18 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/pharmacien/sante-prevention/le-bon-traitement-c-est-pas-forcement-le-medicament>
 - [150] S. Al Zoubi, L. Gharaibeh, H. M. Jaber, et Z. Al-Zoubi, « Household Drug Stockpiling and Panic Buying of Drugs During the COVID-19 Pandemic: A Study From Jordan », *Front. Pharmacol.*, vol. 12, déc. 2021, doi: 10.3389/fphar.2021.813405.
 - [151] jbaldera@amcp.org, « Stockage de médicaments | AMCP.org ». Consulté le: 21 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.amcp.org/concepts-managed-care-pharmacy/medication-stockpiling>
 - [152] sabrina.ramessur, « Système de santé et médicaments : l'heure du grand tournant », Blog de l'ISIGE - MINES Paris. Consulté le: 18 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://blog-isige.minesparis.psl.eu/2023/12/11/systeme-de-sante-et-medicaments-lheure-du-grand-tournant/>
 - [153] R.-M. Kranz *et al.*, « Effect of a controlled lifestyle intervention on medication use and costs: The Healthy Lifestyle Community Program (cohort 2) », *Nutr Health*, vol. 31, n° 1, p. 175-186, mars 2023, doi: 10.1177/02601060231164665.
 - [154] G. K. Pot *et al.*, « Nutrition and lifestyle intervention in type 2 diabetes: pilot study in the Netherlands showing improved glucose control and reduction in glucose lowering medication », *BMJ Nutr Prev Health*, vol. 2, n° 1, p. 43-50, mai 2019, doi: 10.1136/bmjnp-2018-000012.
 - [155] « Prescribing Nature for Human Health: An Examination of Public Interest, Barriers, and Enablers Related to Nature Prescription Programming in Canada », *Wellbeing, Space and Society*, vol. 8, p. 100251, juin 2025, doi: 10.1016/j.wss.2025.100251.
 - [156] « Les missions du pharmacien d'officine ». Consulté le: 22 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/assure/sante/medicaments/missions-pharmacien>
 - [157] « Indice Vert », CAHPP. Consulté le: 3 février 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://cahpp.eu/indice-vert/>
 - [158] « Ecovamed ». Consulté le: 26 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecovamed.com/>

- [159] « Un « Carbone score » sur les boîtes de médicaments : la nouvelle usine à gaz », Le Quotidien du Pharmacien. Consulté le: 26 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.lequotidiendupharmacien.fr/exercice-pro/un-carbone-score-sur-les-boites-de-medicaments-la-nouvelle-usine-gaz>
- [160] « RELOCALISATION : LA FIN DES PENURIES DE MEDICAMENTS ? », Les Echos Etudes. Consulté le: 27 août 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.lesechos-etudes.fr/blog/actualites-21/relocalisation-la-fin-des-penuries-de-medicaments-12075>
- [161] A. Spinewine et T. R. Adda, « Consommer moins de médicaments et mieux. Un impératif éducationnel et environnemental ».
- [162] A. Scheen, « [Prevention of drug iatrogenicity] », *Rev Med Liege*, vol. 79, n° 5-6, p. 455-461, juin 2024.
- [163] A. J. Leendertse, A. C. G. Egberts, L. J. Stoker, P. M. L. A. van den Bemt, et HARM Study Group, « Frequency of and risk factors for preventable medication-related hospital admissions in the Netherlands », *Arch Intern Med*, vol. 168, n° 17, p. 1890-1896, sept. 2008, doi: 10.1001/archinternmed.2008.3.
- [164] T. M. Yadesa, F. E. Kitutu, S. Deyno, P. E. Ogwang, R. Tamukong, et P. E. Alele, « Prevalence, characteristics and predicting risk factors of adverse drug reactions among hospitalized older adults: A systematic review and meta-analysis », *SAGE Open Med*, vol. 9, p. 20503121211039099, 2021, doi: 10.1177/20503121211039099.
- [165] A. Hung, Y. H. Kim, et J. M. Pavon, « Deprescribing in older adults with polypharmacy », *BMJ*, vol. 385, p. E074892, mai 2024, doi: 10.1136/bmj-2023-074892.
- [166] A. M. Linsky, A. Motala, M. Booth, E. Lawson, et P. G. Shekelle, « Deprescribing in Community-Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis », *JAMA Netw Open*, vol. 8, n° 5, p. e259375, mai 2025, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.9375.
- [167] « [ÉCONOMIE DE LA SANTÉ] Dispensation à l'unité : une mesure à adapter à la réalité française ». Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://rochepro.fr/pharmaciens/expertise-pui/toute-actualite/dispensation-unite-bonne-fausse-bonne-idee.html>
- [168] « Pourquoi les médicaments ne sont-ils pas vendus à l'unité dans nos pharmacies ? », Franceinfo. Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.franceinfo.fr/replay-radio/c-est-ma-sante/pourquoi-les-medicaments-ne-sont-ils-pas-vendus-a-l-unite-dans-nos-pharmacies_6794431.html
- [169] « Dispensation à l'unité », Pharmaprat. Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://pharmaprat.fr/fiches_pratiques/dispensation-a-lunite/
- [170] « Gaspillage de médicaments : comment limiter l'impact ? » Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mesoigner.fr/conseils/722-gaspillage-de-medicaments-comment-limiter-limpact>
- [171] S. Korsia-Meffre, « Expérimentation de la dispensation à l'unité des antibiotiques : résultats d'une étude de l'Inserm », VIDAL. Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/actualites/22228-experimentation-de-la-dispensation-a-l-unite-des-antibiotiques-resultats-d-une-etude-de-l-inserm.html>

- [172] « Point sur la rupture de Quétiapine et les recommandations ». Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.urpspharmaciensgrandest.fr/fr/articles/452?utm_
- [173] « Recyclage des médicaments : une solution antigaspillage difficile à mettre en œuvre | Santé Magazine ». Consulté le: 8 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.santemagazine.fr/actualites/actualites-sante/catherine-vautrin-veut-recycler-des-medicaments-pourquoi-cest-complice-en-pratique-1138576>
- [174] « Remettre sur le marché des médicaments non utilisés : Catherine Vautrin relance le débat », Le Quotidien du Pharmacien. Consulté le: 8 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.lequotidiendupharmacien.fr/exercice-pro/politique-de-sante/remettre-sur-le-marche-des-medicaments-non-utilises-catherine-vautrin-relance-le-debat>
- [175] « Médicaments périmés - Encore actifs longtemps après - Enquête - UFC-Que Choisir ». Consulté le: 9 septembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.quechoisir.org/enquete-medicaments-perimes-encore-actifs-longtemps-apres-n131086/>
- [176] M. Zilker, F. Sörgel, et U. Holzgrabe, « A systematic review of the stability of finished pharmaceutical products and drug substances beyond their labeled expiry dates », *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 166, p. 222-235, mars 2019, doi: 10.1016/j.jpba.2019.01.016.
- [177] S. Sharma, A. K. Sharma, H. W. Moe, A. Khanapure, et P. Mohan, « A study to investigate the chemical potency, physical stability, and efficacy of analgesic agents over a period of two years post their expiry date », *Med J Armed Forces India*, vol. 78, n° Suppl 1, p. S194-S200, sept. 2022, doi: 10.1016/j.mjafi.2021.03.015.

Université de Lille
UFR3S-Pharmacie
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Année Universitaire 2025/2026

Nom : LEROY
Prénom : Salomé

Titre de la thèse : Dérèglements environnementaux et tensions d'approvisionnement en médicaments : comment les pharmacies d'officine peuvent anticiper et s'adapter ?

Mots-clés : Pharmacie d'officine, Pénuries de médicaments, Dérèglement climatique, Erosion de la biodiversité, Santé-environnement, Stratégies d'adaptation, Ecologie.

Résumé :

Les pharmacies d'officine jouent un rôle essentiel dans l'accès aux soins, mais elles doivent aujourd'hui faire face à des tensions d'approvisionnement en médicaments amplifiées par le dérèglement climatique et l'érosion de la biodiversité. Cette thèse analyse les causes de ces pénuries, des contraintes économiques et réglementaires aux impacts des événements climatiques et de la perte de ressources naturelles. Elle examine également les conséquences sur la santé des patients et sur le travail des officinaux, avant de proposer des stratégies concrètes d'adaptation, comme le renforcement des stocks, la diversification des fournisseurs et l'éducation des patients. L'étude met en lumière l'importance pour les officines de s'adapter afin de garantir un approvisionnement fiable et une prise en charge sécurisée des patients.

Membres du jury :

Président : Madame Hélène LEHMANN, Maître de conférences HDR, Faculté de Pharmacie de Lille

Directeur, conseiller de thèse : Monsieur Simon BORDAGE, Maître de Conférence des Universités, Faculté de Pharmacie de Lille

Assesseur(s) : Madame Jeanne LEMESRE, Docteur en pharmacie